



SCELTA BIBLIOTECA

DELL'

INGEGNERE CIVILE

VOLUME SECONDO

LA SCIENZA
DEGLI INGEGNERI

NELLA DIREZIONE DELLE OPERE DI FORTIFICAZIONE
E D' ARCHITETTURA CIVILE

DI BELIDOR

CON NOTE DEL SIGNOR NAVIER

MEMBRO DELL' ACCADEMIA FRANCESE

VERSIONE ITALIANA

DI

LUIGI MASIERI

DOTTORE IN FISICA E MATEMATICA



MILANO

A SPESE DEGLI EDITORI

M.DCCC XXXII

MILANO. Coi Torchj di Gaspare Truffi e Comp.
Contrada del Cappuccio N. 5433.

PREFAZIONE

DELL' AUTORE

Se si considera la molta varietà de' lavori che vengono affidati agli Ingegneri, è forza convenire non esservi professione alcuna che più della loro esiga un ricco co[illegible]do di cognizioni. Imperocchè non parlando anche del modo di disporre le opere di fortificazione onde renderle ca[illegible]gni maggior possibile difesa ad onta dell'irregolarità d[illegible]ghi e della bizzarra figura d'un'area, che vogliasi adattare, nè di tutto ciò che può renderle degne di particolari considerazioni negli assedj, qual farragine di cose diverse non ne presenta la sola costruzione delle fortificazioni? Nelle frontiere ci avveniamo ad ogni passo in opere di singolar costruzione; talvolta ancora senza passar da un luogo ad un altro, troviamo in uno stesso sito quanto basta ad esercitar per molti anni i più laboriosi e più fertili ingegni. Un più minuto esame ci fa scoprire mille cose essenziali che sfuggono a chi considera le fortificazioni in modo superfi-

di poligono con qualche opera avanzata per lo più anche mal concepito; senza far parola nè della costruzione, nè delle minute pratiche che a questa si riferisce. Nè questo nasce dalla mancanza di chi potrebbe fornire opere eccellenti in tal genere; molti si fecer compagni alle fatiche del sig. di Vauban e da essi tutto potrebbe sperarsi; ma il loro silenzio è glorioso. Il re confidò ad essi le barriere del regno; sempre occupati nel costruire opere nuove e nel mantenere le vecchie in buono stato, manca loro il tempo per far di pubblica ragione le loro nozioni, e si appagano del comunicarle soltanto a chi da loro dipende.

E qualora si rifletta che troppo lentamente si progredisce nell' istruzione, non prendendo a disamina che quelle cose che ci capitano proprio sott' occhio, e che ben di rado un giovane ingegnere può in una stessa provincia trovar esempi di ogni specie di lavori spettanti alla fortificazione, si converrà di leggeri della necessità di un buon libro che somministrandogli generali teoriche su tutte le parti dell' arte sua, lo renda atto a trarne profitto in qualunque caso pratico gli si possa poi presentare.

Non potendo mettersi in dubbio che un così fatto libro non sia di grande vantaggio, mi si accuserà forse d'audacia per avervi posto mano proprio io. Certo, se ne avessi conosciute sul bel principio tutte le conseguenze, mi sarei ben guardato dell'accingermi all' opera, forse mi sarei attenuto al più saggio partito, e avrei risparmiato a me stesso inquietudini e dispiaceri. Ma soltanto a lavoro inoltrato un si accorge del rischio che corre nel far stampare:

giacchè divenuto più schifiltoso non guarda più il suo lavoro con lo stesso occhio di compiacenza di prima, e dopo quattro giorni trova pessimo quanto gli sembrava sul bel principio mediocre, e la smania di far sempre meglio non gli permette mai d'essere abbastanza contento di sè medesimo.

Già da 13 o 14 anni io avea abbozzata quest'opera, senza mai potermi persuadere che meritasse d'essere pubblicata, e forse se non avessi seguìto che la mia volontà non sarebbe più uscita dal mio gabinetto. Non voglio con ciò far pompa d'una falsa modestia, e le persone al cui giudizio sottoposi i miei scritti, renderanno giustizia alla sincerità de' miei sentimenti: la gloria d'aver fatto un libro non si presentò mai in modo così seducente da farmi suonar dolce il nome d'autore; ebbi sempre innanzi al pensiero le censure alle quali stava per espormi, e quest' id[illegible]'ha anche di frequente scoraggiato. Pure m'adoper[illegible]r trarne profitto, e vi riescii considerando il rigore del pubblico come un eccellente motivo per rendermi circospetto. Tutti concedono che dal momento appunto in cui si considerò questo Pubblico come un giudice inesorabile, l'emulazione dei letterati s'accrebbe e le Biblioteche s'arricchirono d'un gran numero di libri d'ogni sorta, che non sarebbero tanto pregiati, se i loro autori non avessero temuto il ridicolo sparso dagli uomini di buon gusto sopra quelle opere che portano l'impronto della mediocrità. È verò però che alcune materie sono tanto ricche di per sè stesse, che basta un po' di metodo

per trattarle con felice successo; e quella ch' io offro ai miei leggitori è appunto di tal natura.

L' opera è divisa in sei libri; nel primo, s' insegna il modo di applicare i principii di meccanica alla costruzione dei rivestimenti di muratura, per saper quale grossezza loro si convenga, avuto riguardo alla spinta delle terre che deggiono sopportare: si mostra quindi la legge con cui opera questa spinta, quale resistenza possano opporre i contrafforti, in ragione della loro lunghezza e grossezza, e secondo la distanza che hanno gli uni dagli altri: in una parola, questo libro contiene molte utilissime cose, la maggior parte delle quali non anco trattate.

Nel secondo si considera in qual modo avvengano le spinte delle vôlte per dedurne regole generali e certe per determinare la grossezza dei loro piedritti, secondo la forma da darsi alle vôlte nei differenti usi che se ne fanno per le fortificazioni, sia a' sotterranei, sia alle porte di città, sia ai magazzini di polvere ec. Parlasi altresì delle spalle dei ponti rapporto alla spinta degli archi, e si propongono diverse osservazioni intorno l' esecuzione di questa sorta di lavori.

Nel terzo si troveranno molte dissertazioni su la qualità e la scelta dei materiali, col modo di porli in opera in qualunque lavoro, su le particolarità delle quali bisognerà intertenersi per farne le stime e i conti presuntivi, su ciò che bisogna aver presente nei grandi apparati pel trasporto e pel movimento delle terre, sul modo di adoperarle e sul come si debbano costruire le vôlte dei sotterranei. Ci

siamo particolarmente diffusi intorno alle diverse specie dei fondamenti che posson farsi nei varii luoghi, e segnatamente in quelli che presentano molte difficoltà: e per dir tutto si è supposto in questo libro che si abbia una nuova piazza da costruire onde aver campo di parlare di tutti i principali lavori di fortificazione, e mostrarne l'andamento dal primo disegno del progetto sino alla intera esecuzione.

Nel quarto libro si è presa a considerare la costruzione di tutti gli edificj che si fanno alle piazze da gurra, come porte di città, corpi di guardia, fortini, magazzini, arsenali, caserme, forni, cantine, cisterne ec. Si danno anche regole generali per l'Architettura Civile, ed alcuni principii su la forza del legno da opera; e finalmente si tratta di tutte le diverse parti che occorrono per la costruzione degli edificj.

Nel quinto s'insegna quanto può appartenere alla parte decorativa, si danno cioè i cinque ordini d'Architettura con le regole e le massime dei più famosi architetti, tanto antichi quanto moderni per ornare le fabbriche, e dar loro quella eleganza che le toglie dal comune.

Nel sesto libro finalmente s'indica il modo di fare la stima di tutte le Opere mentovate nei precedenti; se ne riferiscono circostanziati esempi colla maggior chiarezza possibile; parlandosi altresì diffusamente della disciplina degli appalti, e delle condizioni sotto le quali devonsi affidare le opere agli intraprenditori. Per rendere questo libro più istruttivo, si comincia dal dare un esempio

d'una stima generale per una nuova piazza da costruirsi, unita a stime particolari per rendere più facile l'intelligenza di quelle opere che si presentano con maggiore frequenza.

Ad onta d'ogni mia cura perchè quest'opera riuscisse possibilmente perfetta, non ho voluto pubblicarla senza averla di bel nuovo sottoposta alla censura di Ingegneri di primo ordine; ed avendo il sig. marchese Dasfeld voluto concorrere in ciò che potea dar perfezione al mio piano, l'ho pregato di sceglermi a tal uopo quattro direttori di fortificazioni, ed appena esaudito il mio desiderio, consegnai loro il mio manoscritto, che esaminarono unitamente agli Ingegneri in capo e ad altri che si trovavano presenti; e ne ottenni quella approvazione che tanto deve soddisfare un autore quando parte da persone chiare ed illustri come quelle di cui pubblico i nomi, e sono i signori di Vauban, Demus, De Vallony e Gittard (1).

(1) Gli Editori di questa versione hanno creduto far cosa gradevole agl'Ingegneri che già possedessero l'antica edizione del *Belidor*, raccogliendo in un solo volume, vendibile anche a parte, le Note del *Navier*, che sono, generalmente, piuttosto teoriche separate che commenti del testo.

Il traduttore pensò fosse prezzo dell'opera l'abbreviare nel testo alcune operazioni di calcolo che per essere del tutto elementari riuscivano inutilissime fuorchè nel risultamento, e l'estendersi maggiormente nelle Note del *Navier* a semplificare que' passi che l'uso delle formole trigonometriche e del Calcolo Sublime rendeano di più difficile interpretazione.

Si troveranno pure accennati qua e là i moltissimi errori d'ogni fatta dell'edizione francese del 1830 (diretta da un Navier e pubblicata da un Didot) che ha religiosamente copiati i non pochi di quella di Carlo-Antonio Jombert del 1739, onde valgano ad ottenerci indulgenza presso tutti coloro che inesorabili nel giudicare delle edizioni italiane sono prontissimi a trovare tutt'oro nelle straniere. *N. degli Editori*

TAVOLA DELLE MATERIE

LIBRO PRIMO

Principii di Meccanica applicati alla ricerca delle dimensioni da darsi ai rivestimenti delle opere di fortificazione, perchè sieno in equilibrio colla spinta delle terre che debbono sopportare.

CAPITOLO I.

Metodo per la determinazione del centro di gravità di varie figure.

CAPITOLO II.

Dell'equilibrio de' piedritti, o muri a sezione rettangolare.

CAPITOLO III.

Della grossezza necessaria alla sommità dei muri innalzati a perpendicolo da una parte e formati a scarpa dall'altra, perchè facciano equilibrio colla loro resistenza alla spinta delle terre che debbono sopportare.

CAPITOLO IV.

Trovare la spinta delle terre sopportata dai rivestimenti de' bastioni e de' terrapieni per determinare la grossezza che deve esser loro assegnata.

Tavola per trovare la grossezza da darsi ai rivestimenti de' terrapieni e dei bastioni.

CAPITOLO V.

Dei muri con contrafforti.

Parallelo del profilo generale del sig. di Vauban, colle regole de' precedenti Capitoli.

LIBRO SECONDO

Meccanica delle vôlte — spinta delle vôlte; e modo di determinare la grossezza de' loro piedritti.

CAPITOLO I.

Spinta delle vôlte, e applicazione a questa teorica di varii principii meccanici.

CAPITOLO II.

Della grossezza necessaria ai piedritti delle vôlte a tutto sesto (en plein cintre) *perchè colla loro resistenza facciano equilibrio alla spinta delle terre che debbono sopportare.*

CAPITOLO III.

Trovare la grossezza dei piedritti delle vôlte ellittiche (surbaissées), *in sesto acuto* (en tiers-points), *in piattabanda* (en plate-blande)*: e quella dei fianchi dei peducci delle vôlte.*

Tavola per conoscere la forza (portée) *dei cunei delle vôlte dall'intradosso all'estradosso per ogni sorta di grandezza d'archi.*

CAPITOLO IV.

Trovare col solo calcolo numerico la grossezza d'ogni sorta di vôlte.

LIBRO TERZO

Dei materiali da costruzione, loro proprietà, e modo di porli in opera.

CAPITOLO I.

Proprietà delle varie pietre che si adoperano per fabbricare.

CAPITOLO II.

Dei mattoni e del modo di fabbricarli.

CAPITOLO III.

Della calce e del modo di spegnerla.

CAPITOLO IV.

Della sabbia, della pozzolana e del gesso.

CAPITOLO V.

Composizione della calcina.

CAPITOLO VI.

Calcoli su le spese per la costruzione in muratura.

Tabella del peso d'un piede cubico di varie materie.

Spese per la calce e la sabbia.

per i mattoni.

per i ruderi (moellons).

CAPITOLO VII.

Intraprendimento e direzione dei lavori.

CAPITOLO VIII.

Trasporto e movimento delle terre.

CAPITOLO IX.

Del modo di costruire i fondamenti degli edificii in ogni sorta di luoghi e principalmente nei terreni cattivi.

CAPITOLO X.

Uso dei materiali che compongono la muratura.

Spiegazione di diverse Tavole che servono a determinare le dimensioni di ogni sorta di rivestimenti di muratura.

CAPITOLO XI.

Della costruzione dei sotterranei e come si applichino su le loro vôlte gli strati di cemento (chapes de ciment).

CAPITOLO XII.

Del modo di costruire i terrapieni.

Regolamento del Maresciallo di Vauban in questi lavori.

LIBRO QUARTO

Costruzione degli edifici militari e civili.

CAPITOLO I.

Qualità del legno adoperato nelle armadure di legname.

CAPITOLO II.

Modo di calcolare la forza dei principali membri adoperati nelle armadure di legname delle fabbriche.

Principii generali su la resistenza del legno.

CAPITOLO III.

Esperienze su la forza dei legni applicata all'uso che se ne può fare nella costruzione degli edifici.

CAPITOLO IV.

Buone e cattive qualità del ferro.

CAPITOLO V.

Porte che si costruiscono alle città fortificate (Villes de guerre):

Costruzione della Sinusoide.

Applicazione della Sinusoide ai ponti levatoi che servono a chiuder l'entrate delle città.

CAPITOLO VI.

Dei ponti fissi che servono a facilitar l'ingresso nelle città fortificate.

CAPITOLO VII.

Dei corpi di guardia in generale, delle garrette, e delle latrine.

CAPITOLO VIII.

Distribuzione delle contrade nelle città fortificate.

CAPITOLO IX.

Dei magazzini da polvere, e degli arsenali per le munizioni da guerra.

CAPITOLO X.

Caserme, ospedali, prigioni e case civili.

Regolamenti per coloro che fabbrican in città nuove.

CAPITOLO XI.

Delle cantine, delle ghiacciaie, dei forni, e dei mulini da grano.

CAPITOLO XII.

Della costruzione dei pozzi e delle cisterne.

CAPITOLO XIII.

Regole generali da osservarsi nella costruzion delle fabbriche.

CAPITOLO XIV.

Nozioni e dati su la costruzione delle fabbriche.
Del legname e delle armature nei tetti e nelle impalcature non chè nei minuti lavori di porte e finestre.
Su le coperture di tegola e di ardesia.
Su i lavori del vetraio.
Sui pavimenti di pietra, di mattoni, e di pianelle.

LIBRO QUINTO

Della decorazione degli edifici.
Spieguzione dei termini propri agli Ordini d' architettura.

CAPITOLO I.

Proprietà delle modanature e loro ornamenti.

CAPITOLO II.

Sui cinque Ordini in generale.

CAPITOLO III.

Dell' Ordine Toscano.

CAPITOLO IV.

Dell' Ordine Dorico.

CAPITOLO V.

Dell' Ordine Jonico.
Tracciamento della voluta Jonica.

CAPITOLO VI.

Dell' Ordine Corintio.

CAPITOLO VII.

Dell' Ordine composito.
Osservazioni sui cinque Ordini in generale, e spiegazione di qualche parte dei più belli edifici antichi di Roma.

CAPITOLO VIII.

Delle colonne e del modo di rastremarle; dell' Ordine Persico e delle Cariatidi.

CAPITOLO IX.

Della proporzione dei Pilastri e dei frontespizi.

CAPITOLO X.

Dei peristili o colonnati, degli archi e delle nicchie.

CAPITOLO XI.

Della sovrapposizione degli Ordini.

CAPITOLO XII.

Della distribuzione e della decorazione degli Edifici in generale.

LIBRO SESTO

Modo di far la stima per la costruzione delle fortificazioni e delle fabbriche civili.

Modello di stima per la nuova piazza di Neuf-Brisack.
Dimensioni delle parti principali della piazza.
Qualità e forma dei materiali da adoperarsi nelle dette opere.
Costruzione delle opere di fortificazione.
Condizioni elementari per la stima di una fabbrica civile.
Forma delle aggiudicazioni, formalità che si osservano, e come son concepite.
Stima e condizioni amministrative cui fu vincolata la costruzione delle caserme di Bethune nel 1728.
Istruzioni relative ai legni adoperati nelle caserme precedenti.
Stima per la costruzione d'un magazzino per la polvere solidissimo, di dieci tese di lunghezza, sopra quattro di larghezza.
Stima della gran cisterna di Calai.

TAVOLA

DELLE NOTE DEL NAVIER

CHE DANNO TEORICHE E NOZIONI SEPARATE

LIBRO I.

Della spinta delle terre.

LIBRO II.

Della spinta delle vólte.
Descrizioni dell' elissi e di altre linee di second' ordine.
Teorica delle vólte.

LIBRO III.

Su le pietre da fabbrica.
Su le calcine.
Sui lavori di terra.

LIBRO IV.

Su la resistenza del legname.
Sul ferro.
Equazione della curva chiamata sinussoide da Belidor.

LIBRO PRIMO

PRINCIPII DI MECCANICA APPLICATI ALLA RICERCA DELLE DIMENSIONI CHE SI CONVENGONO AI RIVESTIMENTI DELLE OPERE DI FORTIFICAZIONE, PERCHÈ SIANO IN EQUILIBRIO COLLA SPINTA DELLE TERRE CHE DEVONO SOPPORTARE.

Dacchè si cercò colle Matematiche di perfezionare le arti, queste hanno fatto progressi inaspettati; ma pochi essendo coloro che valgono a giudicare di quanto utile possa tornar questa scienza, si stenta a crederla capace di que' meravigliosi successi che le vengono attribuiti; imperocchè le sue più utili scoperte sono ignorate dalla maggior parte, e persin da coloro che potrebbero giovarsene, non potendosi comprendere que' principii che hanno condotto alla ricerca di una infinità di cose giovevoli, senza istruirsi e porsi, per così dire, da sè stessi in istato di scoprirne delle nuove. Aggiungasi che l'opinione prevalsa che la sola pratica possa condurre allo scopo non è il minore ostacolo da superarsi. È ben vero che l'esperienza contribuisce di molto a fornire di nuove cognizioni presentando tuttodì agli ingegni acuti argomenti tali di riflessioni che ella solo poteva far nascere; ma bisogna che l'esperienza sia sicura, senza che non possono aversi se non idee assai confuse su quanto imprendesi a meditare. Si veggono sempre gli oggetti sotto il medesimo aspetto, si vuole ch' essi siano quali ne han detto che sono, o quali ce li ha dipinti la nostra immaginazione, e siano essi veri o falsi, passa la nostra vita senza saper niente di giusto e di preciso sopra quanto crediamo di conoscere perfettamente. Laonde molte cose imperfette restano sempre nel medesimo stato e passano d'età in età con gli stessi difetti, e se per caso s'avvisasse alcuno di notarli, tutti quelli dell'arte si rivolterebbero contro l'innovatore. A fatica si sa comprendere che un uomo il quale non ha passata tutta la sua vita nell'esercizio di un'arte possa con ragionevolezza parlarne, e la verità, per quanto preziosa ella sia, è costretta a tacersi, o per lo meno, su le prime, a non mostrarsi scopertamente. Ciò avviene senza dubbio perchè la maggior parte degli uomini sdegna di consultar la ragione; schiavi dei pregiudizii si affidano alla sola pratica, e per non parlare che dell'architettura, mio solo scopo, fa meraviglia come da tanto tempo che si coltiva sì piccolo sia stato il numero

noi stessi l'avessimo posto in pratica. Se non che, quantunque sieno riesciti in moltissime cose, sarà bene non imitarli che in quelle nelle quali si comprenderà la cagione che gli ha determinati ad operare nel tale o nel tal altro modo: perchè siccome i luoghi, le circostanze, le differenti specie di materiali, possono giovare o nuocere all'esecuzione della stessa cosa, è a temersi che quanto riuscì ad uno possa fallire ad un altro. Così, per cominciare a seguire il metodo secondo il quale mi parve che l'Architettura dovesse essere trattata (quell'Architettura cioè che appartiene propriamente agli Ingegneri) insegneremo in questo libro una nuova teoria per regolare la grossezza dei rivestimenti di muratura, la quale, spero, riescirà gradita a chi per comprenderla possiede le necessarie cognizioni, giacchè vi troverà la soluzione d'un gran numero di problemi utili, e dai quali si potranno cavare molti lumi. Avrei volentieri tenuto una via diversa dall'algebra per essere più inteso, ma non ho potuto farne a meno; il che mi fa temere che gli avversi a questa scienza non lo siano altresì al mio lavoro, e non ne traggano tutto il frutto che io ho voluto procurare. Ho però posto tutto in opera per essere chiaro, mi sono servito delle espressioni le più semplici, terminando ogni proposizione con un calcolo aritmetico, e con applicazioni che potranno essere ben intese da tutti.

Siccome prima di ogni altra cosa, bisogna conoscere i centri di gravità delle figure sulle quali dovremo operare, ne tratteremo nel seguente Capitolo.

CAPITOLO PRIMO

Metodi per la determinazione del centro di gravità di varie figure.

DEFINIZIONE

In ciascun grave di qualunque figura vi ha un punto pel quale sospeso il grave stesso, o sostenuto come sulla punta d'un fulcro acutissimo, tutte le sue parti stanno in equilibrio o in quiete: questo punto dicesi centro di gravità della figura.

PROPOSIZIONE PRIMA

TEOREMA

§ 1. Divisi in due parti eguali (fig. 1) i due lati opposti AB, CD d'un parallelogrammo, e condotta la EF, dico che su la metà di questa linea sta il centro di gravità del parallelogrammo.

DIMOSTRAZIONE

È certo che la EF passando per la metà degli elementi che compongono il parallelogrammo, il centro comune di gravità di questi elementi sarà in uno dei punti di questa linea; così se per i punti di mezzo delle AC e BD conducasi la GH, il centro di gravità del parallelogrammo sarà su la GH. Sarà dunque su la GH e su la EF, ossia nel punto I ove queste s'incontrano

OSSERVAZIONE I.

§ 2. Benchè un piano si consideri come non avente grossezza quando trattasi della superficie dei corpi, pure noi possiamo attribuire a questi piani un peso, senza che perciò sia necessario immaginarli dotati d'una grossezza sensibile: per altro, siccome questa loro gravità non può essere misurata da alcun peso, noi la esprimeremo col valore della superficie dei piani; così potremo immaginarci che due piani omogenei siano in equilibrio all'estremità dei bracci d'una leva, quando le superficie di questi due piani siano in ragion reciproca degli stessi bracci di leva.

OSSERVAZIONE II.

§ 3. Potendosi (fig. 1) considerare la superficie d'un piano come l'espressione della gravità che gli si attribuisce, potremo anche, come nella Meccanica ordinaria, supporre tutto il peso del piano riunito intorno ad un punto preso ad arbitrio nella *linea di direzione* (a), che passerà pel centro di gravità. Così chiamata a l'altezza A C del parallelogrammo, e b la base C D, la sua superficie sarà ab, e ab sarà il valore del peso K, posto in uno dei punti della I L, condotta dal centro I di gravità.

OSSERVAZIONE III.

§ 4. Siccome i piani di cui noi parleremo, rappresenteranno profili di muri o di terrapieni, bisognerà aver riguardo non solo alla loro superficie quand'esse equivarranno ad una forza o ad un peso, ma alla natura di que' corpi de' quali saranno sezione. Se per esempio, ad uno dei bracci d'una leva, il cui fulcro sia nel punto di mezzo, si sospenda un piano di sei piedi di superficie, il quale rappresenti la sezione d'un muro, non potrà dirsi ch'esso faccia equilibrio con un altro piano di uguali dimensioni del primo, il quale sia invece il profilo di un terrapieno; giacchè un piede cubico di muratura pesando più d'un piede cubico di terra, bisogna immaginarsi che il peso del primo piano sta a quel del secondo, come un piede cubico di muro ad uno di terra. Siccome avremo bisogno di richiamare frequentemente un tale rapporto in questo preliminare trattato di Meccanica, noteremo che il peso d'un dato volume di muratura sta a quello d'un eguale volume di terra nel rapporto prossimo di 3 a 2, cioè il primo pesa un terzo di più del secondo.

OSSERVAZIONE IV.

§ 5. Avendosi dunque una potenza rappresentata da un numero di piedi quadrati, espressione della superficie d'un profilo di terra, che vogliasi porre in equilibrio con un peso espresso dalla superficie d'un profilo di muratura, bisognerà prendere due terzi della potenza, per renderla omogenea alla resistenza della muratura: poichè siccome il peso della terra è di un terzo minore di quello della muratura, non si potrà mai istituire un rapporto tra il peso di queste due diverse materie senza una riduzione nel volume della meno pesante.

(a) Chiamasi *linea di direzione* la verticale che passa pel centro di gravità di un corpo o d'un sistema di corpi, poichè essa è quella linea, secondo la quale il centro di gravità del corpo tende a spingerlo verso la superficie della terra.

PROPOSIZIONE SECONDA

TEOREMA

§ 6. Divisa in due parti eguali (fig. 2) nel punto D la base A C d'un triangolo qualunque A B C, dico che il centro di gravità di questo triangolo, sarà nel punto F che divide la B D in modo che la B F riesce due terzi della stessa B D.

DIMOSTRAZIONE

Diviso il lato B C in due parti eguali nel punto E, e condotta la A E, prolungo il lato B A indefinitamente, e dai punti D e C, conduco le D G, C H parallele alla A E. — Supponendo quindi il triangolo A B C composto d'una infinità di elementi paralleli al lato A C, la linea B D li dividerà tutti in due parti uguali, ed il centro di gravità comune al complesso di questi elementi sarà in uno dei punti della B D; medesimamente supponendo il triangolo A B C composto d'un' infinità d'elementi paralleli al lato B C, la linea A E dividendoli in parti eguali, il loro comun centro di gravità sarà in uno dei punti della A E. Ora questo centro di gravità del triangolo dovendosi trovare nello stesso tempo su la B D e su la A E, non può essere dunque che nel punto F, di loro intersecazione. Resta ora a dimostrarsi che il punto F divide la B D in modo che stia B F : F D : : 2 : 1.

Nel triangolo B H C, il lato B C è diviso in due parti eguali nel punto E, ed essendo A E parallela ad H C anche la B H sarà divisa per metà nel punto A; come pure il lato A C del triangolo A C H, essendo, per costruzione, diviso per metà in D, sarà pure divisa per metà in G la A H per essere la C H parallela a D G. Ora A G essendo metà di A H, sarà altresì metà di A B, ed A G sarà il terzo di B G; ma siccome nel triangolo B G D, A F è parallela a G D, la linea F D sarà il terzo di B D, essendo A G il terzo di B G.

OSSERVAZIONE I.

§ 7. Per applicare questo teorema al triangolo rettangolo del quale ci accadrà in progresso di trattare con maggiore frequenza, notiamo che, secondo ciò che abbiam detto, prendendo per base uno dei cateti B C, e divisa questa in due parti eguali in D, indi condotta la A D, il punto E che trovasi al terzo di questa linea, partendo dal punto D, sarà il centro di gravità del triangolo rettangolo A B C. Calando da questo punto la perpendicolare E F su la base B C, questa sarà la linea di direzione che passa pel centro di gravità: ma E D essendo il terzo di A D, sarà D F il terzo di B D, per il parallelismo delle rette E F ed A B; così A D sarà la sesta parte della base B C, e la B F essendo doppia di F D, sarà per conseguenza due sesti, o sia un terzo della base B C. Può dunque dirsi che in un triangolo rettangolo la linea di direzione E G che passa pel centro di gravità, passa ancora per il terzo della base B C.

OSSERVAZIONE II.

§ 8. Se si avesse un triangolo rettangolo e volesse concentrarsi tutto il suo peso in uno dei punti della linea di direzione, divisa la base B C in tre parti eguali, e dall' estremo F di quel terzo che resta adiacente all' angolo retto abbassata una perpendicolare F G, questa sarebbe la linea richiesta; così chiamando a l' altezza A B del triangolo, e b la base B C, si avrà $\frac{ab}{2}$ per valore del peso H, nel quale si suppone riunito il peso, o ciò che è lo stesso la superficie del triangolo.

PROPOSIZIONE TERZA

TEOREMA

§ 9. Se si ha un trapezio A B C D (fig. 4) e che dai punti di mezzo O ed E delle linee parallele B C ed A D si conduca la O E, dico che divisa questa linea nei punti F e G in tre parti eguali, il centro di gravità del trapezio sarà in uno dei punti della parte di mezzo F G.

DIMOSTRAZIONE

Condotte dal punto E le linee E B ed E C, la figura sarà divisa nei tre triangoli A B E, B E C, C E D; ora se dal punto G posto ad un terzo della E O si conduce la H I parallela ad A D, e si dividono le due basi A E ed E D in due parti eguali nei punti M ed N, indi si guidino le B M e C N, i punti K ed L d' intersezione colla H I saranno i centri di gravità dei triangoli A B E ed E C D (§ 6). Ma questi due triangoli sono equivalenti, avendo la medesima altezza e basi eguali, il loro centro di gravità sarà dunque nel mezzo della linea K L, (§ 2) per conseguenza nel punto G. D' altra parte trovandosi in F il centro di gravita del triangolo B C E, giacchè $O F = \frac{1}{3} O E$, il centro di gravità di questo triangolo e degli altri due uniti insieme, cioè del trapezio, è in uno dei punti della linea F G.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

§ 10. Trovare il centro di gravità d'un trapezio.

Abbiamo veduto nel teorema precedente che essendo la linea O E, che divide per metà le parallele B C ed A D, divisa in tre parti eguali, il centro di gravità di tutta la figura dovrà essere in uno dei punti della F G. Per trovare questo punto considereremo la linea F G come una leva all' estremità della quale siano sospesi due pesi, l' uno in F, eguale alla superficie del triangolo B E C, e l' altro, in E, eguale alla somma delle superficie dei triangoli B A E, C E D. Supposto che il centro di gravità che si cerca sia nel punto P, è certo che per l' equilibrio il trian-

golo sospeso al punto F deve stare alla GP, come la somma dei triangoli sospesi al punto G deve stare alla FP; ma siccome questi tre triangoli hanno la medesima altezza, essi staranno fra loro come le loro basi; cioè il triangolo B E C sarà alla somma dei due triangoli A B E, E C D come B C ad A D. Onde perchè il punto P sia il centro comune di gravità di questi tre triangoli o del trapezio, bisogna che B C stia ad A D, come P G a P F, il che mostra che per trovare il centro di gravità d'un trapezio, bisogna per mezzo alle parallele B C ed A D condurre la O E, dividerla in tre parti eguali, e quella di mezzo F G in due parti FP, P G, che siano l' una all' altra nella ragione di A D a B C, in modo che la parte maggiore F P corrisponda al minor lato B C, e la più piccola P G al maggior lato A D. Se per esempio la B C fosse il terzo o la metà di A D, la P G dovrebbe essere il terzo o la metà di F P.

Bastando, per ciò che vogliamo insegnare in questo libro, di saper trovare il centro di gravità delle indicate figure, non ci occuperemo di quelle formate da porzioni di circolo e di ellissi, perchè le soluzioni di tali problemi sono eccessivamente lunghe nella geometria elementare, e trattate coi nuovi metodi di calcolo, correremmo rischio d' essere intesi da pochi.

CAPITOLO SECONDO

Dell' equilibrio de' piedritti, o muri a sezione rettangolare.

PROPOSIZIONE PRIMA

Dedotta dai principii della Meccanica, e che dee servire di lemma ad alcune proposizioni che tratteremo in seguito.

§ 11. Abbiasi una leva A B (fig. 5) senza peso, il cui punto d' appoggio sia in C, e che abbia all' estremità A un peso M ed al punto B una potenza p in equilibrio con questo peso; si vuol trasportare questo peso all' estremità D del braccio di leva C D, maggiore di C B, in modo che questa sia ancora in equilibrio..

Ognun vede che questa potenza agendo in D non avrà bisogno della stessa forza che le era necessaria in B per produrre il medesimo effetto sul peso M, dovendo la sua azione diminuire coll' allungarsi del braccio di leva; ora perchè sia eguale l' effetto da essa prodotto tanto all' estremità D che all' estremità B, bisogna che moltiplicando la forza da essa esercitata in B pel braccio di leva C B, si abbia un prodotto eguale a quello del braccio di leva C D, moltiplicato per lo sforzo che ella esercita in D. Chiamando x questo secondo sforzo, c il braccio C B, e b il braccio C D, si avrà $x = \frac{cp}{b}$; per avere cioè il valore della forza con la quale agirà in D, bisogna moltiplicare quella che essa aveva

in B pel braccio di leva C B, e dividere il prodotto per tutta la lunghezza C D.

Che se il braccio non fosse dritto, ma facesse in B l'angolo A B C, (fig. 6) bisognerebbe regolarsi nello stesso modo; cioè se la potenza F è applicata all'estremità E del raggio E B, dove agisce secondo una direzione perpendicolare E F, e vogliasi trasportare all'estremità A della leva A B, maggiore di E B, bisognerà moltiplicare l'espressione di questa potenza pel braccio E B, e dividere il prodotto pel braccio A B onde avere l'espressione della potenza G, che applicata in A produca lo stesso effetto come lo fosse in E, supponendo sempre che ella agisca in una direzione perpendicolare al braccio di leva.

AVVERTIMENTO

Prima d'entrare in materia, bisognerà fare tre supposti che si potranno facilmente concedere.

§ 12. I.° Un muro dee riguardarsi come posato su fermissime basi, e lo spinga o lo tiri una potenza, la sua base potrà inclinarsi sui fondamenti, come farebbe p. e. un cubo o un parallelepipedo posato su di una tavola.

§ 13. II.° Dee considerarsi un muro come composto di un solo masso, cioè come formato da parti indissolubilmente legate tra loro; qualunque sforzo faccia la potenza che agisce può ben rovesciare il muro ma non romperlo.

§ 14. III.° Può prendersi il profilo del muro come espressione del muro stesso, perchè essendo un muro composto d'un numero infinito di piani paralleli tra loro e perpendicolari all'orizzonte, ciò che si dice d'uno di questi piani potrà dirsi di tutti gli altri; dunque faremo astrazione dalla lunghezza del muro.

Il primo supposto non ha in sè nulla di straordinario come cosa che di sovente si vede in pratica; le pile dei ponti ed i muri fondati sovra palificazioni posano su ingraticolati che servono loro di base; perciò non devesi prendere in considerazione il muro che dalla cresta del fondamento alla sommità, e sotto tale aspetto lo considereremo, non avendo giudicato a proposito di includere i fondamenti nei calcoli che saremo obbligati di fare: giacchè questi fondamenti non avendo determinata profondità non avrebbero potuto adattarsi colla precisione che cerchiam d'ottenere.

Il secondo supposto non ha niente di ripugnante, giacchè deve figurarsi che la muratura sia stata fatta con le maggiori cure possibili; inoltre del maggiore o minor legamento che può nascere dai materiali buoni o cattivi non è qui luogo di discorrere. Non ci fermeremo sul terzo supposto, perchè abbastanza evidente per sè stesso (*a*) (1).

(*a*) Per evitare inutili ripetizioni, supporremo sempre che le potenze delle quali parleremo, spingano o tirino secondo direzioni perpendicolari alla linea verticale che determina l'altezza dei muri, eccettuati que' casi in cui si avvertirà del contrario, e che ciascuna di queste forze sia chiamata *b f*, senza prenderci su le prime pensiero del perchè assumiamo una tale espressione.

(1) V. le Note separate del Navier.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA

§ 15. Trovare la grossezza necessaria ai muri innalzati a perpendicolo da due parti, perchè col loro peso facciano equilibrio allo sforzo che debbono sopportare.

Avendosi un parallelogrammo rettangolo A B C D (fig. 8) che rappresenti il profilo d'un muro, di determinata altezza A B, ed una potenza P che spinga questo muro secondo una direzione K D, si domanda la grossezza da darsi alla base B C perchè questo muro stia pel proprio peso in equilibrio con lo sforzo della potenza.

Siccome, per rovesciare il muro può la potenza P spingere tanto da K in D, quanto tirare da A in H, supporremo che all' estremità della corda A H accavallata su di una puleggia L sia attaccato un peso I equivalente alla forza della potenza e supporremo altresì che trovato il centro di gravità E del parallelogrammo, si sia riunito tutto il suo peso in G sospeso nel punto di mezzo F della linea B C.

Bisogna ora considerare le linee A B e B F che formano l'angolo retto A B F, come bracci di una leva ricurva che ha il punto d'appoggio nell'angolo B, il peso G nell' estremità F del braccio più piccolo B F, e la potenza nella direzione della corda A H attaccata all'estremità A del braccio maggiore A B. Chiameremo a il braccio A B; bf il valore della potenza o del peso I, y la linea cercata B C, e la superficie del parallelogrammo, o il valore del peso G sarà ay. Trattasi ora di trovare la y. Dovendo quindi la potenza ed il peso, perchè stiano in equilibrio, essere in ragione reciproca dei bracci di leva, si avrà $bf : ay :: \frac{y}{2} : a$, d'onde $y = \sqrt{2\,bf}$.

APPLICAZIONE.

Per trovare dunque la grossezza da darsi ad un muro, spinto alla sommità in direzione perpendicolare, bisogna raddoppiare il numero che esprime il valore della potenza ed estrarne la radice quadrata. Supponiamo, per esempio, che la potenza bf equivalga ad un piano di 18 piedi quadrati, raddoppiato questo numero, ed estrattane la radice quadrata avremo 6 per valore di B C. L'aver poi supposto che la potenza bf sia equivalente ad un piano di 18 piedi quadrati non dee far maraviglia, imperocchè, come ho già notato nel secondo articolo, le forze operanti e resistenti devono essere espresse in questa meccanica con piani, siccome vedremo più chiaramente altrove.

COROLLARIO PRIMO

§ 16. Avendosi un muro A D, (fig. 7) spinto da due potenze che agiscono secondo le direzioni L B e K M, o che tirano dall' altro lato secondo le direzioni A I e G H, per conoscere la grossezza da darsi a questo muro perchè stia in equilibrio, si faccia la somma delle due potenze e si applichi all'estremità del muro in A, (§ 11), indi supposto che il valore di queste due potenze sia espresso da bf si avrà come prima $y = \sqrt{2\,bf}$

4

COROLLARIO SECONDO

§ 17. Così se si avesse un potenza applicata in E (fig. 16) che tirasse da E verso H, e un'altra applicata in B che tirasse da B verso K e volesse conoscersi la grossezza A D necessaria perchè il muro sia in equilibrio pel proprio peso colle due potenze, supposto che al punto B la potenza K faccia uno sforzo maggiore di quello operato dalla potenza H, nel punto E, bisogna ridurre la potenza H all' estremità C per avere (§ 11) la potenza I opposta alla potenza K; così trovandosi sopra una stessa retta, si farà un' elisione di forze, cioè la potenza K maggiore sarà diminuita di tutta la potenza I; onde sottratta la minore dalla maggiore e chiamata bf la differenza, tutto il processo si ridurrà di bel nuovo all' equazione $y = \sqrt{2bf}$.

COROLLARIO TERZO

§ 18. Abbiasi un muro A D (fig. 9) ed una potenza K applicata all' estremità A della leva A C che tira da A verso F in direzione obliqua al braccio della leva medesima e vogliasi conoscere la grossezza da darsi alla base C D del muro perchè faccia equilibrio col proprio peso allo sforzo della potenza K; il peso I equivalente a questa potenza non avrà, agendo secondo la direzione obliqua A F, tanta forza, quanta ne avrebbe avuto agendo secondo la direzione A N perpendicolare alla leva A C. Ora condotta dal fulcro C, la perpendicolare C G sul prolungamento F A della direzione della potenza, si potrà invece del braccio di leva C A, prendere il braccio C G, e la proposizione sussisterà sempre, perchè si sa che la potenza sta al peso nella ragion reciproca delle perpendicolari C G e C L abbassate su le linee di direzione della potenza e del peso. Così chiamando a la linea C A; c la leva C G, ed y la base C D, si avrà $bf : cy :: \frac{y}{2} : a$ ed $y = \sqrt{\frac{2abf}{c}}$.

APPLICAZIONE

Per avere la grossezza C D, si moltiplica la potenza I per la leva C G si divide il prodotto per l' altezza A C della muraglia si raddoppia il quoziente, e se ne estrae la radice quadrata.

CAPITOLO TERZO

Dell' equilibrio de' piedritti o muri a scarpa.

Pare che sin dai primi tempi in cui gli uomini pensarono a formare rivestimenti di muratura per sostenere terrapieni o bastioni di fortezze sentissero altresì la necessità di foggiarne a scarpa la faccia esterna; ma non potrebbe con certezza asseverarsi se si avvisassero con ciò di dare maggiore appoggio alla base del muro, o far sì, che i materiali si sostenessero meglio, come si usa nelle terrapienature. Infatti non sembra che

si proponessero di rendere i rivestimenti capaci di opporre una maggior resistenza alla spinta delle terre, almeno gli Architetti tanto antichi quanto moderni che hanno scritto su questo proposito non ne fanno menzione. E ciò che altresì farebbe credermi non aver essi conosciuta tutta la utilità delle scarpe si è che si sono contentati di stabilire per regola generale che la scarpa da darsi ai muri sia di un quinto della loro altezza e che in molti casi ne' quali avrebbero potuto stabilirne una maggiore, per non impiegare una quantità di materiali superflui, non l'hanno fatto; al contrario, diedero soventi volte scarpa a que' muri che non ne dovevano avere, e ne innalzarono, a sezione rettangolare, cert' altri ai quali una scarpa avrebbe dato una forza maggiore, anche con minor muratura. Per altro è sì facile accorgersi che un muro a scarpa può opporre maggior resistenza d'un muro che non ne ha, che io amo piuttosto credere che la necessità della scarpa sia stata conosciuta, ma ne avessero però soltanto idee imperfette, come deve accadere quando non si considerano le cose ne' loro principii. E siccome parmi niente esservi di più necessario in fatto d' architettura di quanto ha dato argomento a questa piccola dissertazione, mi propongo nel presente capitolo di ben svilupparne tutte le circostanze.

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

§ 19. Avendosi una sezione di muro ABC triangolare (fig. 15) il cui punto d' appoggio è in C, ed una potenza che spinga da K verso B, per rovesciarla dal lato opposto, si domanda quale grossezza dovrà darsi alla base AC, perchè il peso G che si suppone equivalente alla superficie del triangolo, sia in equilibrio colla potenza K.

Per ben intendere questo problema bisogna considerare i lati CB e CE dell'angolo BCE come formanti una leva ricurva il cui punto d'appoggio è in C, supporre che la potenza K applicata all'estremità B del braccio CB, spinga secondo una direzione parallela all'orizzonte, ed obliqua per conseguenza al braccio di leva, e che il peso G sia applicato all' estremità E dell'altro braccio CE, terminato dalla linea di direzione IL, condotta dal centro di gravità I del triangolo. Ora siccome tanto fa che la potenza K spinga da K in B, o tiri da B in H, secondo una direzione sempre parallela all' orizzonte, supporremo per maggiore facilità che il peso F sia equivalente a questa potenza. Così innalzata la perpendicolare CD su la linea BH, la lunghezza del braccio di leva obbliquo CB, per rapporto alla potenza sarà ridotto alla linea CD (§ 18); e la potenza K o F potrà essere ammessa nella sua integrità, supponendola applicata all' estremità D della perpendicolare CD, che riguarderemo come uno dei bracci di leva. Supposto CD $= c$ e per conseguenza eguale a BA, e CA $= y$ si avrà CE $= \frac{2y}{3}$ (§ 7), ed il peso G sarà espresso da $\frac{yc}{2}$, come pure si avrà la proporzione $bf : \frac{yc}{2} :: \frac{2y}{3} : c$, dalla quale si ricava $y = \sqrt{3bf}$, cioè per trovare la base AC si estrae la radice quadrata dal triplo della potenza K o F.

OSSERVAZIONE I.

§ 20. Di tutte le figure che possono darsi alla sezione di un muro che deve sostenere una spinta, la triangolare esige minor muratura, giacchè la leva CE (fig. 15) acquista in lunghezza ciò che perde il peso G come centro di gravità d'un triangolo anzichè d'un parallelogrammo.

Abbiasi il parallelogrammo rettangolo AD di altezza eguale a quello dello stesso triangolo BAC, (fig. 10) e suppongasi che la potenza che spinge da K in C o tira da C in G secondo una direzione parallela all'orizzonte agisca con la stessa forza di quella del triangolo ABC; ora la grossezza AC dovendo in questo caso essere espressa da $\sqrt{2bf}$, e nel caso del triangolo da $\sqrt{3bf}$ può dirsi che la superficie del profilo rettangolare sta a quella del profilo triangolare come $c\sqrt{2bf} : c\frac{\sqrt{3bf}}{2}$ o sia come $\sqrt{2bf} : \frac{\sqrt{3bf}}{2}$; ed essendo $\sqrt{2bf} > \frac{\sqrt{3bf}}{2}$, (a) la superficie della sezione rettangolare sarà maggiore di quella della triangolare di quanto la linea AC supera la metà della linea AD, il che non può esprimersi esattamente con numeri a motivo degli incommensurabili; per altro può dirsi che la muratura del profilo triangolare sta a quella del profilo rettangolare come 11 a 18 prossimamente. Si sa bene non esservi muri colla sommità terminata a spigolo, ma non perciò il nostro supposto deve sembrare strano, dovendosi considerare questa proposizione come necessaria all'intelligenza delle altre.

OSSERVAZIONE II.

§ 21. Vedesi dalla osservazione precedente, quanto sia necessario d'aver riguardo alla lunghezza delle leve per regolare la grossezza dei muri che voglion mettersi in equilibrio con lo sforzo che debbono sopportare. Bullet e molt'altri autori nelle regole da loro date su questo proposito sono incorsi in gravissimi errori per non averne tenuto conto.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA

§ 22. Trovare la grossezza di un muro verticale a scarpa da un sol lato, perchè colla sua resistenza faccia equilibrio alla spinta che tende a rovesciarlo.

Si dà, come abbiam detto per iscarpa ai muri di sostegno de' bastioni o dei terrapieni il quinto dell'altezza, cioè supposta BG di 30 piedi, le

(a) Per dimostrarlo, si immagini il triangolo ABC (fig. 14) rettangolo in B ed equicrure e suppongasi $bf = AB^2 = BC^2$. Ciò posto, l'ipotenusa $AC = \sqrt{2bf}$ potrà ritenersi come la base BD del profilo rettangolare (fig. 10); e costruendo un secondo triangolo rettangolo ACD col lato CD = CB, la nuova ipotenusa $AD = \sqrt{3bf}$ esprimerà la base AC del profilo triangolare (fig. 15). Divisa ora per metà la AD in E e condotta la CE, avremo evidentemente AC > AE o sia di $\frac{AD}{2}$; e sostituendo sarà $\sqrt{2bf} > \frac{\sqrt{3bf}}{2}$, come si è annunciato di sopra.

linee B I e G H (fig. 11) saranno ciascuna di 6 piedi. Così cercandosi la grossezza di questa sorta di muri, si ha sempre il triangolo G B H cognito, e il problema non tratta più che della grossezza da darsi alla parte B D od F G che essendo incognita la chiameremo y; e faremo B G $= c$, G H $= d$; onde avremo $y\,c$ valore del peso N e $\frac{c\,d}{2}$ valore del peso M. Può dunque dirsi che il peso N è sospeso all'estremità L del braccio di leva H L, e il peso M, all'estremità P del braccio H P, eguale ai due terzi della base G H del triangolo (§ 7), e siccome ci serviremo soltanto del braccio H L, bisogna (§. 11) unire il peso M al peso N in modo ch'egli non prevalga più in L che in P; moltiplicato dunque il peso M $= \frac{1}{2}\,c\,d$ pel suo braccio di leva H P $= \frac{2}{3}\,d$, e diviso il prodotto pel braccio H L $= \frac{y + 2\,d}{2}$, il quoziente sarà il peso M applicato al punto P, il quale sommato col peso N darà $c\,y + \frac{2}{3}\,\frac{c\,d^2}{y + 2\,d}$ che potremo volendo considerare come il solo peso Q, da supporsi in equilibrio colla potenza K $= b\,f$. Così il prodotto della potenza K per la perpendicolare H I $= c$, equivalente al suo braccio di leva (§. 18) sarà eguale al prodotto del peso Q pel suo braccio di leva H L. Il primo prodotto sarà $b\,c\,f$, il secondo $\frac{c\,y^2 + 2\,c\,d\,y}{2} + \frac{c\,d^2}{3}$. Per l'equilibrio dovrà dunque aversi l'equazione $\frac{c\,y^2 + 2\,c\,d\,y}{2} + \frac{c\,d^2}{3} = b\,c\,f$ dalla quale si ha $y = -\,d \pm \sqrt{\left\{\frac{d^2}{3} + 2\,b\,f\right\}}$.

APPLICAZIONE

Supposto che la potenza K, verso qualunque parte ella spinga sia espressa da 52 piedi $\frac{1}{2}$ si avrà per conseguenza $b\,f = 52\,\frac{1}{2}$, e supposto $d = 6$ si avrà $y = -\,8 + \sqrt{117}$, e quindi $y = 4$ piedi, 9 pol. e 8 linee.

Questa proposizione ci servirà nel quarto capitolo a trovare la grossezza da darsi alla sommità del muro dei bastioni, perchè siano in equilibrio colle spinte delle terre.

OSSERVAZIONE I.

Quando si hanno più pesi applicati a diversi punti d'un braccio di leva, da mettere in equilibrio con una potenza, non è sempre necessario di riunire i pesi o di supporli riuniti in un solo, giacchè basta il moltiplicare ciascuno per il braccio di leva che gli corrisponde, cioè per la distanza che passa dal punto d'appoggio ai luoghi ove questi pesi sono applicati. Così nel problema precedente invece di moltiplicare il peso M pel suo braccio di leva H P, e dividere il prodotto pel braccio H L, onde riunire il quoziente al peso L, bastava moltiplicare ciascuno dei pesi M ed N pel rispettivo braccio di leva, cioè per la loro distanza dal punto d'appoggio, poichè e nell'un modo e nell'altro avremo sempre $\frac{c\,y^2 + 2\,c\,d\,y}{2} + \frac{c\,d^2}{3}$ per

uno dei membri dell'equazione, e l'altro sarà formato come al solito dal prodotto della potenza agente pel braccio di leva che gli corrisponde. E ciò sia detto a scanso di ripetizioni, e per maggior semplicità ne' calcoli che seguano.

OSSERVAZIONE II.

§ 24. Di qui può vedersi, come la scarpa che si dà all'una delle facce del muro eangerebbe la resistenza di questo muro, se la potenza invece di tirare da B verso K, tirasse da D verso A (fig. 11). Perciò bisogna cercare il centro comune di gravità dei pesi M ed N, che sarà in uno dei punti della leva LP alle cui estremità questi pesi sono attaccati: questo centro si otterrà dividendo la LP nel punto R, in modo che sia LR : RP :: M : N ossia come $\frac{GH}{2}$: GF. Considerando ora i pesi M ed N come riuniti nel solo Q, si avrà il braccio di leva RH, quando il fulcro sarà in H, ed il braccio di leva FR quando si supponga il punto d'appoggio in F; e siccome DF = IH, e il peso Q non cangia di situazione, si vedrà che la potenza che tira da B verso I sta a quella che tira da D verso A come HR : FR.

OSSERVAZIONE III.

Di due muri AD ed FI (fig. 12 e 13) della medesima altezza, l'uno a facce verticali, l'altro con scarpa eguale da ciascun lato, il secondo, benchè di massa eguale al primo resisterà assai più allo sforzo d'una potenza che tende a rovesciarlo a destra o a sinistra. Infatti, supponendo che la grossezza FG in sommità non sia che due terzi della AB ma ehe in compenso la base HI sia un terzo più della CD, i due pesi M ed N che esprimeranno le superficie saranno eguali, e siccome i bracci di leva DB ed IL son pure eguali, le potenze P e Q saranno in ragione dei bracci di leva IK e DE; dunque la potenza P non sarà che tre quarti della potenza Q. Per la stessa ragione se la grossezza FG non fosse che la metà di AB, la potenza P, non sarebbe che due terzi della potenza Q; il che prova la necessità ehe i muri siano foggiati a scarpa.

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

§ 25. Volendo innalzare un muro il quale in sommità sia di una data grossezza BC (fig. 17) avendo l'altezza BA, si domanda quale scarpa se gli dovrà dare perchè vi sia equilibrio tra la potenza e la resistenza.

Si faccia $BC = AD = a$; $CD = c$, $DE = y$, la superficie del rettangolo ABCD sarà ac, che potrà considerarsi come l'espressione del peso H sospeso in F, punto di mezzo della AD; e la superficie od espressione del peso del triangolo DEC sarà $\frac{cy}{2}$, che s'intenderà raccolto nel punto G situato ai due terzi della DE. Ora moltiplicato ciascuno di questi pesi pel rispettivo braccio di leva, e sommati questi due prodotti, si avrà $\frac{a^2c + 2acy}{2} + \frac{cy^2}{3} = bfc$; dalla quale si ottiene $y = -\frac{3a}{2} \pm \sqrt{\left\{\frac{3a^2}{4} + 3bf.\right\}}$

APPLICAZIONE

Siccome non voglio omettere alcuno de' principali casi che possono incontrarsi nella costruzione delle opere di muratura, suppongo qui che si tratti di costruire un muro di determinata grossezza alla sommità, e che questo muro avendo a sostenere lo sforzo d'una potenza debba avere necessariamente una certa scarpa, perchè la lunghezza della leva che corrisponde alla base essendo aumentata, supplisca al difetto della grossezza che si sarebbe data alla sommità, supponendo che la grossezza data al muro qualora volesse innalzarsi colle facce verticali, non sia sufficiente per resistere allo sforzo della potenza, e però il problema si riduce a trovare la linea $DE = y$.

Supposto $bf = 50$ piedi quadrati, $a = 4$, e sostituiti questi valori nell'equazione trovata di sopra, avremo $y = 6$ piedi, 8 pol. e 9 linee, base della scarpa richiesta.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

§ 26. Avendosi un profilo A B C D (fig. 18 e 19) d'un muro a sezione rettangolare, la grossezza del quale B C sia talmente proporzionato alla altezza C D, che questo muro sia in equilibrio pel proprio peso colla potenza P che tira da C in E, si vuol cangiare questo profilo in un altro I G H L, che gli sia eguale in superficie ed in altezza, e di cui il lato G I sia verticale, in modo che questo faccia equilibrio con la sua resistenza ad una potenza Q doppia della potenza P.

Facciansi $BC = a$, $CD = GI = c$, $GH = IK = x$, $KL = y$, $P = bf$, $Q = 2bf$. La superficie del rettangolo I G H K, o il peso N sarà espresso da xc, e quella del triangolo K H L, o il peso S lo sarà da $\frac{yc}{2}$ e moltiplicati questi due pesi pel loro braccio di leva, e riuniti i prodotti si avrà una quantità eguale al prodotto della potenza pel suo braccio di leva, cioè l'equazione $\frac{cx^2 + 2xyc}{2} + \frac{y^2c}{3} = 2bfc$ ossia (a) $\frac{x^2 + 2xy}{2} + \frac{y^2}{3} = 2bf$, e siccome il rettangolo A C si suppone eguale al trapezio I G H L avremo ancora l'equazione $ac = cx + \frac{cy}{2}$, ossia $y = 2a - 2x$ e sostituito questo valore nella (a) avremo a calcoli ultimati: $x^2 + 4ax = 8a^2 + 12bf$; d'onde $x = -2a \pm \sqrt{\{12a^2 - 12bf.\}}$

APPLICAZIONE

Si sa che la potenza P, essendo in equilibrio col peso Q dà $a = \sqrt{2bf}$. Suppongasi $bf = 72$, $CD = 30$ ed avremo $a = 12$, $x = 5$ piedi, 4 pol. 8 linee $y = 13$ piedi, 2 pol. 8 linee, ed I L ossia $x + y = 18$ piedi 7 pol. 4 linee. Ora siccome il rettangolo A C, avendo 12 piedi di base sopra 30 di altezza ha 360 piedi di superficie, ed eguale superficie ha pure il trapezio I G H L, ne segue che le condizioni del problema furono esattamente soddisfatte.

OSSERVAZIONE

§ 27. Si potrà ancora rendere il secondo profilo capace di sostenere lo sforzo d'una potenza maggiore di $2\,bf$, poichè quanto minore sarà la grossezza della sommità del rivestimento, la scarpa accrescerà semprepiù la lunghezza del braccio di leva M L e per conseguenza la resistenza del muro. Questo aumento potrà pure andar crescendo finchè il punto H sia confuso col punto G, cioè sinchè la linea G H sia ridotta a zero, perchè allora il profilo diverrà un triangolo rettangolo, che è la figura capace del maggiore sforzo possibile, come abbiamo veduto al §. 20, e qui noterò che se il primo profilo fosse cangiato in triangolo, in vece di sostenere equilibrio con una potenza di 72 piedi, ne sosterrebbe con una potenza di 145 1/3.

PROPOSIZIONE QUINTA

PROBLEMA

§ 28. Si abbia, come nel problema precedente un profilo rettangolare A C (fig. 18 e 20) in equilibrio pel proprio peso con una potenza P, si domanda un altro profilo G H I K, che abbia la stessa altezza del precedente, ma un quarto meno di superficie, e faccia nonostante ancora equilibrio con la sua resistenza alla potenza P, che si suppone agir sempre con la medesima forza.

Si faccia B A $=$ H G $= c$; A D $= a$, H I $=$ G L $= x$, L K $= y$, si avrà ac pel rettangolo B D, cx pel rettangolo H L o pel peso Q, $\frac{cy}{2}$ pel triangolo I L K o pel peso P. Ora siccome il trapezio G H I K non deve essere che tre quarti del rettangolo B D, si avrà dunque $(a)\ \frac{3ac}{4} = cx + \frac{cy}{2}$ e riunito il peso Q col peso P dopo averli moltiplicati pel loro braccio di leva si avrà una quantità eguale al prodotto della potenza P o bf pel braccio di leva K R, che dà quest' altra equazione $(b)\ \frac{cx^2}{2} + cxy + \frac{y^2c}{3} = bcf$.

Dalla (a) ho $y = n - 2x$ supposto $n = \frac{3a}{2}$ e sostituito il valore di y nella (b), ottengo $x = \sqrt{\{3n^2 - 6\,bf\}} - n$, e supposto $\sqrt{\{3n^2 - 6bf\}} - n = d$ avremo $y = n - 2d$.

APPLICAZIONE

Avendo noi supposto $n = \frac{3a}{2}$, essendo $a = 12$ piedi, avremo dunque $n = 18$ ed essendo $bf = 72$ avremo $x = 5$ piedi 3 pol. e per conseguenza $y = 7$ piedi, 6 pol. ed $x + y = 12$ piedi, 9 pol.; cosa evidente, giacchè un trapezio che ha 30 piedi d'altezza, e per lati paralleli una linea di 5 piedi, 3 pol. ed un'altra di 12 piedi e 9 pol. avrà per superficie 270 piedi, tre quarti cioè del rettangolo B D che deve averne 360.

OSSERVAZIONE

§ 29. Si potrebbe volendo diminuire ancora la muratura del problema precedente, supponendo che la superficie del secondo profilo sia due

terzi soltanto di quella del primo, ed allora si vedrà che x o la sommità del muro deve avere solamente due piedi di grossezza. Ma siccome si posson dare alcuni casi in cui questa grossezza non sarebbe sufficiente per muri che hanno a sopportare una certa spinta, si potrà diminuire il muro soltanto di un quarto o d'un quinto, più o meno secondo le occasioni. Deve principalmente notarsi che se la diminuzione da praticarsi fosse troppo grande ce ne avvedremmo sostituendo nei termini del primo membro dell'equazione $\sqrt{\{3n^2 - 6bf\}} - n = x$ i valori numerici di n e di bf, poichè se si avesse p. e. $3n^2 < 6bf$ dovrebbe inferirsi che il problema è impossibile; ed avendosi $\sqrt{\{3n^2 - 6bf\}} = n$, si avrebbe pure $x = o$, è quindi la sommità del muro sarebbe il vertice d'un triangolo (2).

CAPITOLO QUARTO

Della spinta de' terrapieni.

§ 30. Se si ha un peso H sopra un piano inclinato A C (fig. 21), ed una forza K, che sostiene questo peso secondo una direzione E K, parallela all'orizzonte, si dimostra in meccanica che la potenza K sta al peso come l'altezza A B del piano inclinato sta alla lunghezza B C della base. Ora supposto che l'altezza A B sia eguale alla base B C, cioè che la linea A C sia la diagonale d'un quadrato, la potenza sarà eguale al peso; ma siccome tanto fa che la potenza tiri da E in K, o spinga come la P il peso in una direzione diametrale E G, parallela all'orizzonte, si può dire che la potenza P dev'essere eguale al peso perchè siavi equilibrio.

§ 31. L'esperienza insegna che le terre ordinarie lasciate libere prendono da sè stesse un pendìo che forma coll'orizzonte un angolo di 45°. Dico che questa è una proprietà delle terre ordinarie, giacchè tutti sanno che se fossero sabbiose farebbero un angolo minore, e se al contrario fossero grasse e forti ne farebbero un maggiore; ma per istabilire alcun che di fisso, abbiam supposto una terra che tenesse un di mezzo tra queste due.

Ciò posto, supponiamo (fig. 22) che contro un muro A vi sia un cumulo di terra sostenuto da una forza Q, applicata alla superficie D E. Rimovendo questa superficie, le terre franeranno in parte e resteranno quelle soltanto del triangolo C B E. La potenza Q sostien dunque lo sforzo delle terre racchiuse nel triangolo B D E, le quali tendono a discendere per la diagonale B E d'un quadrato, come per un piano inclinato, e perocchè si sa pure per esperienza che le terre per la loro tenacità fanno la metà dello sforzo che farebbe un corpo sferico che tendesse a discendere per lo stesso piano B E, e che fosse trattenuto da una forza orizzontale come la potenza Q, perciò si potrà dire che la stessa potenza sostiene uno sforzo equivalente alla metà del triangolo B D E; e notisi a tal proposito che in pratica

(2) V. le Note del Navier.

per innalzare terrapieni, sterrati, argini ec. non si adoperano le terre se non se ben battute ed accresciute, direi quasi, di tenacità.

Dovendo valerci di questo principio, notiam qui che supposto B D $=$ DE $= 2$ piedi, la superficie del triangolo sarà di due piedi quadrati, e la potenza Q, sopportandone soltanto la metà, sarà espressa, nello stato d'equilibrio, da un piede quadrato.

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

§ 32. Trovare il valore della spinta de' terrapieni.

Per trovare lo sforzo delle terre contro il sostegno BCDE (fig. 23) prendo AB $=$ BD, e avrò il triangolo rettangolo e isoscele ABD che racchiude tutte le terre che spingono, giacchè (§ 31), quelle che sono sotto la linea AD si sostengono da sè stesse, l'angolo ADX essendo di 45°; ma siccome queste terre spingono più o meno in ragione della minore o maggiore lontananza dal vertice B, così bisogna procurare di riferir tutto lo sforzo a questo punto.

Divido ora l'altezza BD in molte parti uguali p. e. in 16, supponendo che BD sia 16 piedi, quindi per i punti di divisione H, N, P, conduco le linee HG, MN, OP ec. parallele alla diagonale AD, e così avremo altrettante potenze espresse dal triangolo GBH, e dai sottoposti trapezii MGHN, OMNP ec., le quali se si considerano applicate ai loro corrispondenti bracci di leva DB, DH, DN ec. spingeranno tutto il sostegno DBCE. Così dunque chiamando b la spinta del triangolo GBH, il trapezio MGHN, che è triplo del triangolo GBH, avrà una spinta espressa da $3b$, il trapezio OMPN che è quintuplo dello stesso triangolo, avrà una spinta uguale a $5b$, e così di seguito procederanno le spinte secondo una serie aritmetica di numeri dispari, la quale avrà tanti termini quante sono le divisioni fatte nell'altezza AB. Moltiplicando poi ciascuna di queste spinte pe' loro corrispondenti bracci di leva che formano una serie aritmetica dei numeri naturali, i quali cominciando da BD che è 16 vanno decrescendo, si avrà primamente $16 \times b$ poi $15 \times 3b$, $14 \times 5b$, $13 \times 7b$, $12 \times 9b$ ec., e così di seguito e sommando tutti questi prodotti si avrà $1494\ b$ per momento della spinta totale, la quale quantità, se si dividerà per BD $= 16$, che è il braccio di leva più lungo, si avrà $93\frac{3}{8} \times b$ per la spinta totale ridotta all' estremità B della leva BD, e fatto $f = 93\frac{3}{8}$ sarà bf lo sforzo totale di tutte le potenze unite, ed applicate all'estremità B del braccio DB.

Per avere ora il valore di bf in piedi quadrati è da osservarsi che noi abbiamo soppusto b eguale alla spinta del triangolo GBH, e supposto BH $= 1$ piede sarà pure GB $= 1$ piede, e la superficie del triangolo GBH sarà $\frac{1}{2}$, e perchè questo triangolo, come abbiam detto, fa solo la metà dello sforzo, sarà $b = \frac{1}{4}$, onde moltiplicando $\frac{1}{4}$ per $93\frac{3}{8}$ si avrà $bf = 23\frac{11}{32}$ piedi.

Sarà qui necessario lo spiegar la ragione per cui abbiam posto che la tenacità delle terre tolga alla loro spinta la metà dell'effetto che produrrebbero operando contro il rivestimento come un corpo sferico sul piano inclinato A D, o come un corpo A B D a parti perfettamente riunite.

Si noti che il triangolo G H B posando sul trapezio M G H N, le terre di questo trapezio soffrono maggior pressione di quelle del triangolo, nello stesso modo che quelle del trapazio M O P N soffrono maggior pressione di quelle dell'altro M G H N, e così degli altri trapezii che, più s'accosteranno al piano inclinato A D, più saranno compressi. E siccome tutti questi trapezii crescono nell'eguale rapporto, può dunque dirsi che la loro pressione o la loro tenacità aumenta nella ragione dei termini d'una progressione aritmetica, e che la tenacità sparsa in tutto il triangolo A B D è soltanto la metà di quella che sarebbe se, uniforme in ciascun trapezio, fosse eguale a quella dell'ultimo. Ora siccome la spinta dei trapezii contro il sostegno C D deve diminuire nella stessa ragione con la quale aumenta la loro tenacità, mi parve che potesse esprimersi colla metà della superficie del triangoletto G B H il valore della potenza b, tanto più che tutti i calcoli da me fatti per trovare la grossezza dei sostegni corrispondevano perfettamente ai risultamenti della sperienza.

Le unità di superficie che noi abbiamo trovate non sono omogenee a quelle che devono esprimere il valore del peso Y, le une provenendo dal triangolo di terra A B D, le altre dal profilo di muratura C D: bisogna dunque fare la debita riduzione perchè, come abbiam detto (§ 5), un piede cubico di terra pesa un terzo meno d'un piede cubico di muratura (3).

Deve cercarsi adesso la grossezza da darsi alla sommità B C ed alla base D F del sostegno perchè faccia equilibrio col suo peso alla spinta delle terre. A tal fine supporremo che la potenza non spinga da M in B, ma tiri da B in T, il che è lo stesso, e condotta dal punto d'appoggio F la perpendicolare F S su la direzione B T, si prenderà questa perpendicolare invece del braccio di leva F B. Per questo motivo abbiamo considerata la linea B D come un braccio di leva, lungo il quale fossero applicate parecchie potenze, perchè questa linea è eguale alla perpendicolare F S e per conseguenza si può prendere l'una per l'altra. Avremo dunque la leva ricurva S F Z e supposto S F o C E $= c$; E F $= d$, la grossezza B C o D E $= y$ sarà V $= \frac{cd}{2}$ ed Y $= c\,y$. Unito il peso V al peso Y e moltiplicata la somma pel braccio di leva Z F si avrà un prodotto eguale a quello della potenza T pel suo braccio di leva S F, e si formerà quindi l'equazione $\frac{cy^2}{2} + c\,d\,y + \frac{c\,d^2}{3} = bcf$, da cui otterremo

$$y = -d \pm \sqrt{\left\{\frac{d^2}{3} + 2\,b\,f\right\}}\ (4).$$

OSSERVAZIONE I.

§ 33. Il valore di y è un po' maggiore di quello che dovrebb'essere, perchè quando abbiam supposto che lo sforzo del triangolo

(3) V. le Note del Navier.
(4) *Idem.*

H G B, fosse riunito nel punto B abbiam dato a questo triangolo una forza maggiore di quella che gli si conveniva, imperocchè operando lunghesso la linea B H, la sua azione diminuisce, col diminuirsi del braccio di leva a misura che si avvicina al punto H, vale a dire che non operando il triangoletto lo stesso sforzo in I che in B per essere il braccio di leva I D più piccolo di B D, si è aumentata la forza che agisce al punto I supponendola in B, della differenza che passa tra 'l braccio I D e il braccio B D; lo stesso dicasi degli altri punti della linea B H. Siccome noi abbiamo operato nell'egual modo per i trapezii, che son vicini al triangolo supponendo il loro sforzo portato ai punti H, N ec. si vede che tutte le differenze dei bracci di leva uniti insieme danno una forza alla potenza un po' maggiore di quella che dovrebbe avere, ma ciò poco monta, avvegnacchè la potenza essendo un po' maggiore di quello dovrebbe essere obbligherà a dare al rivestimento una grossezza un po' maggiore di quella necessaria al perfetto equilibrio, ed è ciò assolutamente necessario, perchè quand' anche si fosse trovato esattissimamente questo punto d' equilibrio, bisognerebbe sempre dar maggior forza alla potenza resistente che all'operante. Non per questo ci sarà tolto di trovare quando vorremo quel valore di y che è più prossimo al vero, dividendo l' altezza del muro in un numero di parti tanto grande che la differenza dei bracci di leva sia piccolissima; se ne verrebbe a capo con un calcolo molto più lungo del precedente, ma sarà meglio dar sempre alle progressioni delle potenze e delle leve tanti termini quante sono le parti in cui si è divisa l' altezza del muro.

OSSERVAZIONE II.

§ 34. Ho fatta l' osservazione precedente per soddisfare coloro che pretendono la massima esattezza in tutto ciò che si riferisce alle Matematiche; ma riflettendo che trattandosi di cose pratiche, non bisogna sempre pretendere questa grandissima precisione, la quale potrebbe anche nuocere, si vedrà che sarebbe cattivo consiglio il costruire sostegni che fossero perfettamente in equilibrio colla spinta delle terre, massimamente quando servono per argini, muri di spiaggia ecc., giacchè debbono in questo caso sopportare non solo il peso delle terre; ma anche quello de' carri, e le scosse che possono cagionarvi. Per questa ragione non volendovisi praticarvi de' contrafforti, potrebbe darsi loro un quarto di più della forza necessaria all' equilibrio. Così se si trattasse d'un muro di 15 piedi, in vece di 13 piedi 9 pol. e 4 linee, la potenza bf dovrebb' essere di 17 piedi 2 pol. ed 8 linee, il che darà 3 piedi ed un pollice per la grossezza della sommità B C e sei piedi ed un pollice per la base D F.

OSSERVAZIONE III.

Avendo veduto in più luoghi di questo libro e segnatamente al § 23 come la scarpa data al paramento d'un muro lo fortifichi contro lo sforzo che deve sopportare, ho creduto opportuno di riportar qui un profilo di terrapieno immaginato, non ha molto, da chi forse non avea abbastanza considerato il modo col quale opera d' ordinario la spinta delle terre.

Per non lasciar troppo esposto un sostegno alle ingiurie delle stagioni fu loro pensiero formare a perpendicolo il paramento (fig. 25), e dalla parte delle terre dargli una scarpa, pensando che appoggiandosi su questa scarpa una parte delle terre verrebbe scemata la spinta delle altre. Per giudicare di tal trovato dal punto A si conduca la perpendicolare AE alla linea HD, e si avrà il triangolo AEF, che rinchiuderà tutte le terre che operano contro la linea AE, che noi considereremo per un istante come una superficie. In tal caso non v'ha dubbio che se la linea EA fosse l'ultima del rivestimento, si avrebbe la solita spinta; trattasi dunque di sapere se quelle chiuse nel triangolo EAD, accrescano o diminuiscano lo sforzo sopportato dal sostegno. Divisa la linea AE in un numero di parti eguale a quello in cui fu diviso il sostegno, e costruiti i soliti trapezii, è certo che prolungando tutte le parallele al di là della linea EA sino all'incontro della faccia DA, tutti i trapezii contenuti da F sino in E saranno aumentati di quelli che trovansi da I sino in A, notando che le potenze le quali avranno maggior braccio di leva, saranno quelle appunto che avranno ricevuto aumento maggiore. Se in questo aumento generale annoverasi eziandio il triangoletto EDI, del quale dovrà farsi molto conto, operando esso verso la sommità della muraglia, salta agli occhi di tutti che il triangolo AED, anzichè consolidare il rivestimento contro la spinta delle terre che stanno dietro la linea AE non fa che caricare il muro molto di più che se fosse a perpendicolo da quella parte. Si potrebbe anche determinare con molta precisione l'intensità di questa nuova spinta, ma sarebbe una perdita vera di tempo (5).

Noteremo soltanto che non dando alcuna scarpa ai rivestimenti di fortificazione questi, aperta in essi una breccia, si distruggeranno più presto, per la facilità che avranno i rottami di cadere; da un'altra parte in quei paesi in cui la muratura non è di bonissima qualità, ed ove i rivestimenti van soggetti a *strapiombare*, od a screpolare, vedrebbersi le cattive conseguenze di questo sistema, che a quanto credo, non avrà un gran numero di partegiani.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA.

§. 35. Trovare la grossezza da darsi ai sostegni dei bastioni di fortificazione con parapetto.

Abbiam fin qui soltanto parlato della grossezza dei sostegni di terrapieni, e non di quelli dei bastioni di fortificazione. Credono alcuni non esservi differenza ma s'ingannano; chè innalzandosi sempre sopra questa sorta di bastioni un parapetto di terra che fortifica la spinta di quelle già poste dietro il sostegno, si vede che questi rivestimenti devono avere una grossezza maggiore di quelli dei terrapieni. È innegabile non essere sì agevole il trovare di quanto il parapetto aumenti questa spinta; ma vedremo che questo calcolo potrà rendersi egualmente facile del precedente.

Preso KD=DB (fig. 24) consideriamo la prima linea come il livello del bastione al di sopra del quale si è innalzata la banchina ed il parapetto IGEQ

(5) V. le Note del Navier.

sostenuto da un piccolo rivestimento E C, al quale si danno ordinariamente quattro parti d' altezza sopra tre di grossezza. Divisa la linea B D in tante parti eguali quanti sono p. e. i piedi in cui è divisa l'altezza del rivestimento, si conducano pei punti di divisione tante parallele alla K B che formeranno, come nella figura precedente parecchi trapezii, e prolungate tutte queste parallele sino all'incontro della spezzata S G F Q, si avrà un gran numero di nuovi trapezii, ciascun dei quali potrà essere considerato come la quantità di cui è aumentata la potenza che gli corrisponde. Ciò fatto bisogna considerare che lungo la linea E Q, vi sono tre trapezii ed un triangolo, l'azione dei quali deve supporsi riunita ai punti E, M, O, N, estremità dei bracci di leva A E, A M, A O, A N ec., e siccome lo sforzo di ciascun trapezio deve essere ridotto all'estremità D del braccio di leva B D, bisogna moltiplicare l' espressione della forza di cui ciascuno è capace pel suo braccio di leva. Per trovare questa espressione basta conoscere il rapporto del piccolo triangolo D S T a ciascun trapezio: così supposto che il trapezio L M sia quadruplo del triangoletto, la spinta del quale chiameremo b, sarà $4b$ quella di M L, e nello stesso modo si troverà la spinta dei tre altri trapezii seguenti. Bisogna quindi moltiplicare ciascuna di queste potenze pel braccio di leva che le corrisponde, e scrivere i quattro prodotti a parte, per sommarli a tempo opportuno cogli altri che si saranno trovati. Bisogna anche cercare il rapporto del triangoletto D S T con tutti gli altri trapezii P Q, R D, Y S ec.; che trovansi da Q in S superiormente alla linea D K, per vedere quante volte è contenuta in ciascuno la potenza b, e scrivendo poi la progressione di tutte le potenze che trovansi sotto la linea D K, (§ 32) si avrà b, $3b$, $5b$, $7b$, $9b$, $11b$, ec. Si cercherà poi l' aumento da darsi a ciascun termine; così, a cagion d' esempio, essendo il triangoletto D S T aumentato del trapezio R D, deve riguardarsi il trapezio P T come espression della forza che opera al punto D, e il trapezio P Q operando pure intorno al punto D, il primo termine della progressione, deve essere aumentato di tante unità quante volte la potenza b è contenuta nei trapezii P S e P Q. Così il secondo termine esprimendo il trapezio S X, deve essere aumentato di tante unità quante sono le volte in cui la potenza b è contenuta in R V, e così degli altri che devono aumentare secondo che i trapezii che loro corrispondono nella figura contengono più o meno la potenza b, finchè siam giunti in I, giacchè se il triangolo K D B contiene ancora alcune potenze che non abbiano aumento nella figura, non debbono nemmen averne nella progressione, e quindi i termini che loro corrispondono, devono scriversi come per l'ordinario.

Dopo avere scritto tutte le potenze che operano lungo la linea D B, e che esprimeranno per conseguenza la spinta della terra del bastione e del parapetto, ad eccezione di quelle che operano contro la linea E Q, bisognerà moltiplicarle come al solito pel loro braccio di leva, ed aggiugnere alla somma di tutti i prodotti i quattro che noi abbiamo trovato a proposito del piccolo rivestimento E C. Si avrà allora l' effetto totale di tutte le potenze agenti contro il sostegno E Q D B, è divisa l'espressione di questo effetto per l'altezza D B, il quoziente darà la spinta delle terre, o siano tutte le potenze riunite all' estremità D del braccio di leva B D, sicchè trattandosi d'un rivestimento, l'altezza del quale p. e. sia di 25 piedi, si tro-

verà che la somma di tutte le potenze riunite al punto D sarà di $342\ b\ \frac{2}{3}$ supposto $f = 342\ \frac{2}{3}$ si avrà dunque il valore di bf che è la forza colla quale bisogna che sia in equilibrio il sostegno.

Volendo ora trovare la grossezza D C o B Z la chiameremo y, e diremo $QC = a$, $FC = g$, $CZ = c$ e $ZH = d$; ciò fatto bisogna ridurre la figura Q E F C, che noi considereremo come un rettangolo, ad avere la stessa grossezza D C del rettangolo B D C Z. A tal fine, divisa la superficie ag, per la linea D C, avremo $\frac{ag}{y}$ espressione dell'altezza della quale il rettangolo D Z deve essere aumentato, perchè il piccolo rivestimento E C sia unito al rettangolo D Z. Così moltiplicato y per $\frac{ag}{y} + c$ si avrà $ag + cy$ eguale a tutta la superficie B D Q E F Z, che noi supporremo riunita al peso attaccato alla metà della linea B Z, al quale aggiugnendo, come per solito, il peso 3, e moltiplicando la loro somma pel braccio di leva H 4, si avrà un prodotto eguale a quello della potenza bf pel suo braccio di leva B D, o H 5, e avrem quindi l'equazione (a) $\frac{y^2 c}{3} + \frac{agy}{2} + cdy + agd + \frac{cd^2}{3} = bfc$ e supposto cangiato $\frac{ag}{2} + cd$ in un rettangolo che abbia per una delle sue dimensioni la grandezza c, e per l'altra n si avrà $cn = \frac{ag}{2} + cd$, e quindi $cny = \frac{agy}{2} + cdy$ e sostituito nella (a) un tal valore, avremo un'equazione che ci darà: $y = -n \pm \sqrt{\left\{n^2 - \frac{2agd}{c} - \frac{2d^2}{3} + 2bf\right\}}$. — In pratica però, per evitare le lungaggini, potremo prescindere dal parapetto E C, e servirci della solita equazione $y = -d \pm \sqrt{\left\{2bf + \frac{d^2}{3}\right\}}$. È vero che l'espressione del peso di tutto il sostegno sarà minore di quel che dovrebb'essere della parte E C, ma poco monta, giacchè la grossezza D C sarà un po' più grande di quel che bisognerebbe per un perfetto equilibrio.

APPLICAZIONE

Non tenendo conto del piccolo rivestimento E C, non si dee far altro per aver la grossezza D C in piedi, che sostituire a b, f e d i loro valori. Perciò, ricordandoci che $d = 5$ piedi, e che abbiam trovato $f = 342\ \frac{2}{3}$, e che $b = 3$ pollici perchè del piccolo triangolo $DST = 6$ pol., la sola metà opera contro la superficie D T, o come si è supposto contro il punto D, si avrà $bf = 85$ piedi ed 8 pol. che deve poi diminuirsi d'un terzo per la solita riduzione delle unità di terre con quelle di muratura.

OSSERVAZIONE I.

§ 36. Dopo ciò che abbiam detto vedesi chiaramente che può con qualche precisione trovarsi la spinta delle terre che compongono il bastione ed il parapetto. Ma visto che esigerebbe troppo dispendio di fatica il cal-

colare i valori di tutti i trapezii posti superiormente alla linea D K, perchè irregolari, ho cercato una via più breve e tale, l'ho trovata che rende facile le operazioni come se non vi fosse il parapetto.

Si supponga su le prime (fig. 24) di non aver altro che il triangolo di terra B D K e il profilo di muratura B D C H, come se si trattasse d' un semplice sostegno di terrapieno; si scriva poi la progressione delle potenze, dandole tanti termini, quante sono le parti in cui fu divisa l'altezza D B, e suppostala divisa in 25, si scriva $1 b$, $3 b$ . . . . $49 b$.

Si aggiungono dieci unità a ciascuno dei primi venti termini di questa progressione, e si avrà

$11 b$, $13 b$, $15 b$, $17 b$, $19 b$, $21 b$, $23 b$, $25 b$, $27 b$, $29 b$, $31 b$, $33 b$, $35 b$, $37 b$, $39 b$, $41 b$, $43 b$, $45 b$, $47 b$, $49 b$, di cui gli ultimi cinque termini sono gli stessi della progressione precedente, non avendo avuto aumento.

Si moltiplichi ora ciascun termine pel suo braccio di leva; il primo termine sarà $11 b \times 25$, il secondo $13 b \times 24$, il terzo $15 b \times 23$ e così via dicendo, perchè non si è fatto alcun cangiamento nella progressione dei numeri naturali che esprimono la lunghezza delle leve. Di tutti questi prodotti la somma sarà $8625 b$, che divisa per 25 darà per quoto $345\ b$. Così se a § 35 avevamo $f = 342\frac{2}{3}$ abbiamo qui $f = 345$, che dà quasi due unità di più, e fatte le debite operazioni troveremo $y = 6$ piedi, 1 pollice e 2 linee mentre avevamo prima $y = 6$ piedi, 10 linee, il che importa la sola differenza di quattro linee.

Ho cercato secondo questi due metodi la grossezza da darsi alla sommità di parecchi sostegni, e presele ad altezze arbitrarie, ho trovato che le mie operazioni davano uno stesso valore per y colla sola differenza di tre o quattro linee, differenza sì tenue, che ho creduto prezzo dell'opera valermi di questo anzichè dell' altro metodo.

Mi si domanderà forse il perchè ho aggiunte dieci unità ai primi venti termini della progressione; ma addur non posso altra ragione fuor quella d'essermi accorto, dopo parecchi tentativi, che queste e le dieci unità aggiunte di seguito facevano per le potenze e le leve un compenso che offriva lo stesso risultamento dei trapezii posti al di sopra della linea K C e che compongono il parapetto, benchè questi trapezii vadano or crescendo or decrescendo. Bisogna dunque considerare il mio trovato come utile soltanto in pratica e si potrà farne uso tanto quanto del metodo additato a § 35 senza del quale non avrei ora potuto trovare quest' ultimo.

OSSERVAZIONE II.

È fuor d'uso l'innalzare rivestimenti di muratura superiormente al cordone per sostenere le terre del parapetto, perchè è osservazione fatta che le schegge spiccate da questa muratura quand'è battuta dal cannone, possono nuocere a quelli che vi stan dietro a riparo e che occore un maggior dispendio di tempo e di fatica per praticarvi le cannoniere in tempo d'assedio, di quel che sarebbe necessario se questo parapetto fosse solo coperto di zolle o di una semplice copertina per due terzi della scarpa, come si usa oggidì. A tal fine si allontana un po' il piede del parapetto dalla sommità della muraglia perchè meglio sostengasi come nella fig. 26; ma sia o no rivestito il parapetto, il metodo da me esibito per calcolar la spinta delle terre sarà sempre lo stesso e potrà estendersi pur anco ai mezzi-rivestimenti.

Uso d'una tavola per trovare la grossezza da darsi ai muri di terrapieno con parapetto e senza.

§ 37. Siccome riescir potrebbe malagevole a tale che non intendesse le ragioni su le quali sono basate l'adoperare le regole additate, ho creduto opportuno dar qui una tavola che risparmiasse la fatica di lunghi e penosi calcoli, e perchè non accadesse errore in cosa che senza un'immensa attenzione non può riescire perfetta, ho fatti fare e rivedere i calcoli che han servito per la sua formazione a persone intelligentissime; sicchè si può esser certi della maggior possibile esattezza.

La prima colonna comprende l'altezze dei muri da 10 piedi sino a 100, secondo una progressione aritmetica la cui differenza è 5; notando che l'altezza è presa dal risalto sino al cordone, nei rivestimenti che sostengono un parapetto, fatta astrazione dal piccolo rivestimento E C, e che tutti i sostegni si suppongono foggiati a perpendicolo verso il terrapieno e colla fronte a scarpa di un quinto della loro altezza.

Calcolata questa tavola, mi pentii quasi d'aver dato tanta scarpa al muro, perchè la maggior parte degli Ingegneri d'oggidì non le assegna che la settima parte dell'altezza, e ciò perchè a loro avviso una maggiore scarpa espone troppo la fronte murale alle ingiurie atmosferiche il che dà origine in capo ad alcuni anni a sicuri detrimenti.

Per altro siccome ne conseguirebbe una maggior grossezza da darsi alla sommità, ho dubbio che venga dimesso con ciò l'antico metodo, quello cioè del sig. Vauban, che nel suo generale profilo assegna per lo appunto alla scarpa la quinta parte dell'altezza, e mi sono appigliato allo stesso partito, per non averne finora un più sicuro.

La seconda colonna addita ad un tratto, e senza alcun calcolo, le potenze equivalenti alla spinta delle terre de' terrazzi, dei terrapieni, degli argini ec. che deve sostenere un muro. Così volendosi per esempio conoscere lo sforzo esercitato dalle terre ammucchiate contro un sostegno di trenta piedi di altezza, o, ciò che torna lo stesso, qual sia l'espressione della potenza che opera alla sommità d'un sostegno, ed equivalente alla spinta di tutte le terre poste dall'alto al basso contro il sostegno medesimo, si cercherà nella prima colonna il numero 30, e si prenderà nella seconda quello che gli corrisponde, cioè 52 piedi, 6 pollici, e 4 linee, e questi piedi debbonsi considerare come provenienti da una sezione di muratura, perche fu eseguita la riduzione dei piedi di terra onde paragonarli agli altri esprimenti i profili di muratura. (§ 5.)

La terza colonna contiene, al pari della seconda, un numero di piedi, pollici ec. quadrati, che esprimono pure la spinta delle terre, ma in diverso modo, perchè vi si tien conto di quella del parapetto e del bastione, come se n'è fatto parola ai §. 35 e 36.

La quarta colonna segna la grossezza che deve avere ciascun rivestimento alla sommità per rapporto alla sua altezza, affinchè faccia equilibrio col suo peso alla spinta delle terre. Laonde, volendosi per modo d'esempio conoscere la grossezza da darsi alla sommità d'un rivestimento di trenta

piedi d'altezza, si cercherà nella prima colonna il numero 30 e si troverà nella quarta il corrispondente, cioè 4 piedi, 9 pollici ed 8 linee; così dicasi degli altri.

La quinta colonna contiene la grossezza degli stessi rivestimenti, con questa differenza però, che in vece di far essi equilibrio con la spinta delle terre come nella quarta, le grossezze indicate appartengono a' rivestimenti la cui resistenza sarebbe maggiore di quella necessaria all' equilibrio d' un quarto della forza della spinta delle terre; cioè, se a cagion d' esempio, un muro di trenta piedi di altezza fosse in equilibrio con 200 tese cubiche di terra, assegnandosi alla sommità 4 piedi, 9 pollici ed 8 linee, come nella quarta colonna, potrebbe sopportarne 250 se gli si desse la grossezza segnata nella quinta, cioè 5 piedi, 11 pollici ed una linea. Ciò combina con quanto s'è detto al § 34 e a bella posta se ne fece il calcolo per applicarlo alla determinazione della grossezza dei rivestimenti de' terrapieni, de' muri di spiaggia, degli argini ec. ai quali non volendosi praticar contrafforti è però facile il dar loro tale resistenza che superi la spinta delle terre, per operare con tutta sicurezza; che se si volesse tenersi paghi del puro equilibrio, le scosse prodotte dai traini potrebbero rendere la resistenza del rivestimento minore della spinta delle terre.

Con tutto ciò sono anch' io d'avviso che i quattro o cinque primi termini di questa colonna non diano tanta grossezza ai muri che lor corrispondono da potersene servire senza contrafforti, giacchè in pratica non decsi considerare la muratura siccome indissolubile, massimamente quand' essa è fatta di fresco; ma se si eccettuino questi primi termini, che esigon cautela in chi deve farne uso, si potrà servirsi degli altri con tutta sicurezza.

Si inferirà forse da quanto ho detto che la quarta colonna sia inutile, poichè tutti vorranno attenersi alla quinta; ma siccome questa determina il punto di equilibrio per aumentare la potenza d'un quarto, ed altronde ci verrà opportuna quando parleremo de' contrafforti, era necessario il tenerne conto.

La sesta colonna dà la grossezza della sommità dei rivestimenti dei bastioni all' altezza del cordone, nel caso che sostengano qualche parapetto e facciano colla loro resistenza equilibrio alla spinta delle terre che compongono il bastione ed il parapetto. Non vi si fa parola di quanto dovrebbe aumentarsi la grossezza di questi rivestimenti perchè la loro resistenza fosse maggiore della spinta delle terre, giacchè converrebbe meglio in tal caso aggiugnere de' contrafforti come si vedrà in appresso.

I termini della quarta, quinta e sesta colonna offrendo la grossezza della sommità dei rivestimenti, non si è fatto parola di quella che deve assegnarsi alle loro basi, dovendosi per trovarla aggiugnere soltanto a quella della sommità la quinta parte dell' altezza del rivestimento che si vuol innalzare.

Sommando per esempio 6 piedi con 4 piedi, 9 pollici ed 8 linee, si avranno 10 piedi, 9 pollici ed 8 linee, per la grossezza che deve avere dopo il risalto un rivestimento di 30 piedi d'altezza, che secondo la quarta colonna sarebbe in equilibrio colla spinta delle terre. Lo stesso dicasi degli altri rivestimenti compresi nella quinta e nella sesta colonna.

Siccome le altezze dei rivestimenti nella prima colonna crescono di cinque in cinque piedi: non essendosi seguita la progressione dei

numeri naturali, perchè la tabella avrebbe richiesto troppo lavoro, sarà opportuno il dir qualche parola sulla maniera di cercare la grossezza di un rivestimento l'altezza del quale non sia esattamente indicata dai termini della prima colonna; così a cagion d'esempio, se si trattasse d'un rivestimento di 28 o 29 piedi d'altezza, si potrà prendere la grossezza che corrisponde a 30 benchè un po' maggiore del necessario. Ma se l'altezza fosse di 26 o 27 piedi, bisognerà nel caso d'equilibrio, sommare la grossezza che corrisponde a 30 piedi con quella che corrisponde a 25, e prendere la metà della somma; cioè 4 piedi 9 pollici ed 8 linee con 4 piedi e 7 linee, per avere 8 piedi, 10 pollici e 3 linee, di cui la metà è 4 piedi, 5 pollici ed una linea, quantità richiesta. Lo stesso dicasi per la quinta e per la sesta colonna.

TAVOLA

Per regolare la grossezza da darsi ai muri di rivestimento o dei terrapieni con parapetto e senza.

ALTEZZA dei rivestimenti		SPINTA delle terre senza parapetto		SPINTA delle terre con parapetto		GROSSEZZA della cima dei muri in equilibrio colla spinta delle terre senza parapetto		GROSSEZZA della cima de' muri la cui resistenza supera l'equilibrio del quarto delle spinta		GROSSEZZA della cima de' muri io equilibrio quando sosteogono parapetto	
piedi	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
10	3,2483	6 5 —	2,0840	15 7 —	5.0614	1 9 1	0,5706	1 11 6	0,6360	3 8 4	1,1999
15	4,8724	13 9 4	4.4750	27 1 4	8,8056	2 6 2	0,8161	2 9 11	0,9179	4 6 8	1,4795
20	6,4966	23 11 —	7,7681	41 5 —	13,4520	3 3 5	1,0668	3 8 3	1,1976	5 4 6	1,7457
25	8,1207	36 6 —	11,8552	57 6 —	18,6760	4 — 7	1,3149	4 6 7	1,4773	6 1 2	1,9793
30	9,7449	52 6 4	17,0610	74 4 —	24,1434	4 9 8	1,5606	5 4 9	1,7524	6 9 —	2,1924
35	11,3690	71 — —	23,0608	95 3 4	30,9462	5 6 11	1,8089	6 3 1	2,0322	7 4 8	2,3998
40	12,9932	92 3 —	29,9628	117 8 —	38,2180	6 3 10	2,0514	7 1 6	2,3141	8 1 2	2,6299
45	14,6175	116 3 —	37,7580	142 7 —	46,3110	7 1 3	2,3028	7 11 10	2,5936	8 7 11	2,8125
50	16,2415	143 1 —	46,4734	170 1 —	55,2430	7 10 5	2,5554	8 10 —	2,8690	9 3 —	3,0044
55	17,8656	172 8 —	56,0821	200 3 —	65,0412	8 7 6	2,8013	9 8 4	3,1487	9 11 10	3,2432
60	19,4898	205 — 4	66,5930	233 1 —	75,7054	9 4 9	3,0516	10 6 8	3,4284	10 9 1	3,4938
65	21,1139	240 2 —	78.0061	271 10 —	88,2914	10 2 —	3,3021	11 5 1	3,7102	11 4 3	3.6877
70	22,7381	278 1 —	90,3214	306 9 —	99,6324	10 11 —	3,5457	12 8 4	4,1231	12 0 8	3,9156
75	24,3622	318 9 —	103,5300	347 10 —	112,9762	11 8 3	3,7961	13 1 8	4,2674	12 9 1	4,1434
80	25,9864	362 3 —	117,6583	391 7 6	127,1998	12 5 4	4,0418	14 — —	4,5472	13 5 6	4,3711
85	27,6205	408 6 —	132,6808	438 6 —	142,4248	13 2 7	4,2923	14 10 3	4,8248	14 2 1	4,6035
90	29,2347	457 6 —	148,5960	487 3 8	158,2768	13 11 9	4,5404	15 8 6	5,1020	14 10 9	4,8381
95	30,8588	526 10 6	171,1289	556 10 6	180,8729	14 8 10	4,7862	16 6 11	5,3839	15 7 5	5,0726
100	32,4839	563 11 —	183,1601	594 10 —	193,2018	15 6 1	5,0366	17 5 3	5,6635	16 4 2	5,3095

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

§ 38. Aumentando la grossezza d' un rivestimento in equilibrio colla spinta delle terre, si domanda di quanto s' accrescerà in pari tempo la sua resistenza.

Per risolvere questo problema supporremo espressa con a la grossezza della sommità d' un rivestimento qualunque, quando la resistenza del muro è eguale alla spinta delle terre, e con m la nuova grossezza composta della data e dell' aumento proposto.

Ciò posto se nel primo termine dell'equazione di equilibrio $y^2 + 2dy + \frac{2}{3}d^2 = 2bf$, (§ 22) si sostituisce ad y la a, si avrà $a^2 + 2ad + \frac{2}{3}d^2$ per la resistenza che può opporre il rivestimento essendo in equilibrio con la spinta delle terre, e sostituendo m in vece di y nella stessa equazione si avrà $m^2 + 2md + \frac{2}{3}d^2$ per la resistenza del rivestimento, dopo l' aumento dato alla grossezza; sicchè il rapporto cercato sarà eguale ad

$$\frac{a^2 + 2ad + \frac{2}{3}d^2}{m^2 + 2md + \frac{2}{3}d^2},$$

di cui si conoscerà il valore sostituendo alle lettere i numeri.

APPLICAZIONE

Notisi che il numeratore della frazion precedente è il quadrato di $a + d$ cioè il quadrato della grossezza della base del rivestimento meno il terzo del quadrato della linea della scarpa, e che il denominatore è pure eguale al quadrato della base del rivestimento di cui si è aumentata la grossezza, meno la terza parte del quadrato della stessa linea della scarpa. Ora trattandosi d' un rivestimento di 30 piedi d' altezza che sostiene un bastione con parapetto, secondo la sesta colonna della tavola la grossezza di questo rivestimento alla sommità nello stato d' equilibrio sarà di 6 piedi e 9 pollici, che sommati con i 6 piedi della linea della scarpa, si avrà la grossezza della base di 12 piedi e 9 pollici, il cui quadrato è 162 piedi, 6 pollici e 9 linee e sottrattine 12 che è il terzo del quadrato della linea della scarpa, resteranno 150 piedi pel valore di $a^2 + 2ad + \frac{2}{3}d^2$, trascurando per maggior comodo 6 pollici e 9 linee. Ma volendosi accrescere di 15 pollici la grossezza in quistione, la base sarà di 14 piedi, il cui quadrato è 196 e sottrattine altri 12 rimarrà 184 per $m^2 + 2dm + \frac{2}{3}d^2$ e quindi $\frac{150}{184} = \frac{5}{6}$ circa; dunque i 15 pollici aggiunti alla grossezza del rivestimento, ne aumentano la resistenza del quinto della forza che gli sarebbe stata necessaria per essere in equilibrio con la spinta delle terre.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

§ 39. Conosciute l' altezza e la grossezza della sommità e della base d' un muro non soggetto a spinta, trovare l' espressione di quella forza colla quale potrebbe mantenersi in equilibrio.

Se un muro A D (fig. 30) è innalzato a perpendicolo da due parti, e dicasi c la sua altezza A C, a la grossezza B A o C D, x una potenza P che tiri da A in F, e quindi ac il peso M, è chiaro che il punto di appoggio essendo in C si avrà $x : ac :: \frac{1}{2}a : c$, cioè $x = \frac{a^2}{2}$.

Ma se il muro avesse le fronti, l' una a scarpa e l' altra verticale, (fig. 31) la potenza cercata tirando da E verso Q produrrebbe un effetto ben diverso da quello operato sul muro della precedente figura. Ora, per trovare il valore di questa potenza facciamo D F $= a$, F A $= d$, E F $= c$ e la potenza Q $= y$; ciò posto sommato il peso O col peso N, e moltiplicata la loro somma pel loro braccio G A, si avrà un prodotto eguale a quello della potenza Q $= y$ per la perpendicolare A B, ed eliminando da ciascun prodotto la c si avrà $\frac{1}{2}a^2 + ad + \frac{1}{3}d^2 = y$; cioè che la potenza Q è eguale alla metà del quadrato della grossezza CE o D F, più un terzo del quadrato della linea della scarpa F A, più finalmente il rettangolo compreso da D F ed F A.

APPLICAZIONE

Si può far uso di questa proposizione a scoprire se muri che non sopportano veruna spinta possano servire di rivestimento a' bastioni che vogliansi innalzare dietro ad essi; giacchè cercando nella tavola il limite della spinta delle terre si vedrà se questi muri hanno forza bastante. Perchè se il muro a fronti verticali, avesse per esempio sei piedi di grossezza, la metà del suo quadrato sarebbe 18, sicchè potrebbe al più sopportare una spinta, equivalente a 18 piedi quadrati.

Così nel secondo profilo, supposta la grossezza D F di 4 piedi, la linea della scarpa F A di 5, l' equazione $\frac{1}{2}a^2 + ad + \frac{1}{3}d^2 = y$ ci darà Q $= 36$ piedi 4 pollici e per conseguenza la spinta delle terre che gli si vorrà far sopportare non dovrà esser maggiore di questa quantità.

CAPITOLO QUINTO

Dei muri con contrafforti.

Tutti sanno che i contrafforti applicati ai muri servono moltissimo a fortificarli contro la spinta delle terre o delle volte, se ne sopportano; ma non sembra siasi dato opera abbastanza a calcolare, di quanto la

lunghezza, la grossezza, la distanza e la forma perfino di questi contrafforti contribuir possano a dare a questi muri una maggiore o minor resistenza. Pure tal materia merita d' esser presa in disamina, soprattutto ove trattisi di opere che trar debbano piuttosto la loro solidità dai dettati dell' arte che dall' abbondanza de' materiali, giacchè se ben si conoscessero le regole che utili tornar potrebbero al proposito, si innalzerebbero edifici più arditi ancora di quelli che tanta gloria procacciarono agli scorsi secoli, e vi si scorgerebbe maggiore arditezza di quella che apparisce nelle opere moderne. In questo gli antichi architetti sembravano più istrutti de' nostri; chè se non possedeano regole certe e dimostrate quali richiedonsi, operavano almeno con tal senno che quasi padroni li chiariva delle medesime, come ne fan fede i bei monumenti che ci hanno lasciati: le loro chiese sono d' una *sveltezza* ammirabile, e pare abbian adoperato artifici tali che si sono perduti con essi. Per altro con un accurato esame, è facile l' accorgersi che tutto il maraviglioso loro consiste nella buona unione de' materiali, nella distribuzione e nell' estensione de' contrafforti, de' quali han sempre usato con ottimo successo ed accorgimento, accorgimento di cui ben pochi possono concepire il valore, sicchè son presi da maraviglia che non sanno poi a che si debba attribuire. Le chiese innalzate in questi ultimi tempi, e fra le altre alcune di Parigi, non eccitano sotto verun rispetto la maraviglia altrui, o l' eccitano tutto al più per le grandiose spese che cagionarono. Possibile che l' intervallo di qualche secolo, ponga altresì tanta discrepanza fra gli uomini su di una medesima cosa? Non si concederà dunque mai che nelle opere umane, suscettive di maggiore o minor perfezione, v' abbia un tal punto, che deesi fissare per unica meta, e ben guardarsi dall' oltrepassare? Simili ricerche tornerebbero di grande utile pel perfezionamento dell' architettura; ed a queste bisogna animare indefessamente i cultori; e siccome i contrafforti debbono avervi molta parte, noi ne svilupperemo la teorica nel seguente capitolo.

Ma prima di tutto è necessario avvertire come noi supponiamo che i contrafforti siano costruiti coi muri da lor sostenuti, che l' unione sia perfetta, e che formino con essi un sol corpo (6).

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

§ 40. Dato il profilo ABCD (fig. 33 e 34) d'un muro innalzato a perpendicolo da due lati e sostenuto da contrafforti rappresentati dal rettangolo AEFC, si domanda nel caso che una potenza Q agisse da A verso B per rovesciar questo muro all'infuori, o un' altra P da A verso E per rovesciarlo dal lato de' contrafforti, qual sarebbe il rapporto della resistenza del muro in questi due casi, o, ciò che è lo stesso, il rapporto della potenza Q alla potenza P, supposto che ciascuna di esse operasse isolatamente.

La fig. 34 rappresenti la pianta della muratura del profilo munito di contrafforti rettangoli ed eguali. Suppongasi che la grossezza LI dei contrafforti sia eguale alla grossezza CD della muraglia, che la loro lunghezza FC sia doppia della loro grossezza, e che la loro distanza CL

(6) V. le Note del Navier.

o IK sia doppia della lunghezza FC. Fatto $CD = LI = a$, sarà $FC = 2a$ e $CL = IK = 4a$; l' altezza AC della muraglia e dei contrafforti chiamisi b. Ciò posto ab sarà il valore del rettangolo AD, o del suo peso concentrato nel punto N, sospeso alla metà della linea CD e $2ab$ sarà il valore del rettangolo EC. Ora siccome questa muraglia non ha una determinata lunghezza non ne terrem conto; ma i contrafforti essendo ad una certa distanza e non formando una massa continuata, come la muraglia nella sua lunghezza, non può dirsi che $2ab$ esprima il peso dei contrafforti, chè bisognerebbe non vi fosse alcun intervallo tra essi. Si dovrà dunque ridurre il valor dei contrafforti in modo da poterlò considerare come uniforme in tutta la lunghezza del muro, al qual effetto divisa la $2ab$ per 5 si avrà $\frac{2}{5}ab$, espressione del peso M, che dovrà tenersi come equivalente a tutti i contrafforti insieme riuniti in uno dei punti della linea GM condotta dal centro di gravità.

Uniscasi ora il peso M col peso N, sicchè rispetto al fulcro D pesi tanto in H, quanto in G; moltiplicato il valore del peso M pel suo braccio di leva $GD = 2a$ e diviso il prodotto $\frac{4}{5}a^2b$, pel braccio $HD = \frac{1}{2}a$, avrò il quoto $\frac{8}{5}ab$ che sommato con $N = ab$ darà $\frac{13}{5}ab$ per la somma dei pesi M ed N riuniti, se vuolsi, nel peso O. Chiamata poi x la potenza Q, e considerate le linee HD e BD come formanti una leva ricurva, col punto d' appoggio in D, si avrà $BD = ab : HD = \frac{1}{2}a :: O = \frac{13}{5}ab : x$, e quindi $x = \frac{13}{10}a^2$.

Se in vece di supporre il punto d' appoggio in D si suppone in F, si ha la leva ricurva EFH, collo stesso peso O applicato all' estremità d' uno de' suoi bracci, il quale esprime la muraglia ed i contrafforti, e la potenza P all' altro braccio, che chiamata y darà nello stato d' equilibrio $EF = b : FH = \frac{5}{2}a :: \frac{29}{10}ab : y$, da cui si ricava $y = \frac{29}{10}a^2$ e quindi

$$Q = x : P = y :: \frac{13}{10}a^2 : \frac{29}{10}a^2 :: 13 : 29$$

OSSERVAZIONE I.

§ 41. Questa proposizione dimostra chiaramente come un muro con contrafforti resista molto più allo sforzo d' una potenza quando essa opera in un senso opposto ai contrafforti, che quando spinge dal lato de' contrafforti stessi, a motivo della differeuza dei bracci di leva che corrispondono alla base.

OSSERVAZIONE II.

§ 42. Se nei rivestimenti di fortificazione e di terrapieni si prendesse in considerazione soltanto la spiuta delle terre sarebbe molto meglio fare i contrafforti esternamente anzichè internamente, ma ciò non si usa, e perchè di cattivo effetto all' occhio, e per altre ragioni che si possono di leggieri notare. Quando trattasi però di sostenere i piedritti d' una volta

bisogna assolutamente situarli all' esterno, perchè siano direttamente opposti alla spinta.

OSSERVAZIONE III.

§ 43. Per mostrare di quanta maggiore resistenza sia capace un muro con contrafforti a paragone di un altro che non ne abbia, quantunque di eguale cubicità, aumentiamo la grossezza CD (fig. 33 e 34) della muraglia di tutta la muratura adoperata nei contrafforti. A tal fine divido la lunghezza $FC = 2a$ per 5, ed avrò $\frac{2}{5}$ di a che sarà la grossezza RC ridotta, la quale sommata con CD darà $\frac{7}{5}$ a per tutta la grossezza YR o PX (fig. 32) del nuovo profilo YX e moltiplicandola per l'altezza $YP = b$ si avrà $\frac{7}{5}ab$ pel valore del rettangolo Y X unito al peso T sospeso nel punto di mezzo V della linea P X. Supposto ora il punto d' appoggio in X ed una potenza S che tiri da R in S, chiamata questa potenza z, si avrà nel caso d' equilibrio $RX = b : XV = \frac{7}{10}a :: T = \frac{7}{5}ab : z$ che dà $\frac{49}{50}a^2 = z$ ossia prossimamente $z = a^2$.

Ora per confrontare la potenza $Q = \frac{13}{10}a^2$ alla potenza S si riduca la seconda allo stesso denominatore della prima, e si avrà $Q : S :: \frac{13}{10}a^2 : \frac{10}{10}a^2 :: 13 : 10$. Si può dunque da tutto ciò conchiudere che più i contrafforti saran lunghi, più il braccio di leva sarà favorevole alla potenza resistente. Laonde in quelle occasioni nelle quali si può fare a meno dal dare una grande grossezza ai contrafforti, val meglio estendere nel verso della lunghezza che in quello della grossezza la muratura che vuolsi per essi adoperare, perchè l' opera riesca di maggiore solidità.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA

§ 44. Dato un rivestimento ABCD (fig. 35) ed una potenza P molto maggiore della resistenza che lo stesso rivestimento può opporre col proprio peso si domanda di qual lunghezza si dovran fare i contrafforti che vogliónsi aggiungere, perchè il tutto sia in equilibrio con tale potenza.

Per ben intendere questo Problema, supponiamo che l' altezza CE del rivestimento sia di 30 piedi, e quindi, secondo la regola generale, la linea della scarpa ED di 6. Ora se questo rivestimento dovesse sostenere delle terre, si vedrebbe nella tavola che la potenza equivalente alla loro spinta, cioè la potenza P sarebbe di 52 piedi, 6 pollici e 4 linee, e che per mettere il rivestimento in equilibrio con questa potenza, bisognerebbe dare 4 piedi, 9 pollici ed 8 linee alla grossezza BC della sommità. Per conseguenza, se si diminuisce alcun poco questa grossezza, vale a dire, p. e. se in vece di darle 4 piedi, 9 pollici ed 8 linee, non le si dessero se non se 3 piedi, la potenza supponendosi sempre la stessa, è certo che il rivestimento non sarebbe più in equilibrio, poichè il braccio di leva ID sarebbe accorciato ed il

peso M diminuito, il che renderebbe la potenza molto maggiore della resistenza del rivestimento. Ma volendosi ottenere tra l' nna e l' altra equilibrio si prende il partito di praticare de' contrafforti ed allora devon rivolgersi le indagini a cercare la lunghezza che deve ad essi assegnarsi per rapporto alla loro grossezza ed alla distanza in cui saran posti, perchè suppliscano alla grossezza minore della necessaria, assegnata alla sommità B C.

A tal fine fatto $BC = AE = a$; $CE = c$; $ED = d$; $GA = y$ e supposto che n indichi la grossezza AD della base, sarà $n = a + d$, e ritenuta al solito la potenza $P = bf$, avremo il peso $M = ac$, ed il peso $N = \frac{1}{2} cd$; quanto poi al peso L, sarebbe espresso da cy se il rettangolo F A fosse il profilo d' un muro, esteso su tutta la lunghezza del rivestimento, ma essendo soltanto quello dei contrafforti, bisogna come abbiamo detto (§ 40), prendere in considerazione la loro distanza e la loro grossezza. Ora supposto che nello spazio L M O N (fig. 36) esistente dietro il rivestimento, una sola quarta parte sia occupata dai contrafforti, cioè, che dando a cagione d' esempio 4 piedi alla grossezza B C o E F di ciascun contrafforte, se ne lascino 12 d' intervallo tra C e D, tutti i contrafforti potranno essere espressi da $\frac{1}{4} cy$, come tutto il rivestimento A B C D da $ac + \frac{1}{2} cd$. Non si tratta dunque se non se di trovare la risultante O dei pesi L, N ed M, e il suo punto di applicazione I, tale che rispetto al fulcro D operi lo stesso effetto delle componenti applicate ai punti H e K.

A tal fine moltiplicati i pesi N ed L, ossiano i valori che li rappresentano pel rispettivo braccio di leva, e divisi i prodotti parziali pel braccio $ID = \frac{1}{2} a + d$, si avrà

$$\frac{3cy^2 + 6cny + 8cd^2}{12a - 24d} + ac$$

per il valore del peso O. Ora moltiplicando questo peso pel sno braccio di leva I D si avrà un prodotto eguale a quello della potenza $P = bf$ pel suo braccio di leva $DQ = c$, e conseguentemente quest' equazione: $3cy^2 + 6cny + 8cd^2 + 12a^2c + 24acd = 24bcf$ ossia $y^2 + 2nyn^2 = 8bf - 4a^2 - 8ad - \frac{8}{3} d^2$ e quindi $y = -n + \sqrt{(8bf - 4a^2 - 8ad - \frac{8}{3} d^2 + n^2)}$ il che si cercava.

APPLICAZIONE

Per conoscere in numeri quale debba essere la lunghezza dei contrafforti, bisogna ricordarsi che si è supposto $bf = 52$ piedi, 6 pol. e 4 linee, $a = 3$ piedi, $d = 6$, e che per conseguenza sarà $n = a + d = 9$ piedi. Sicchè stando all' ultima equazione, si avrà $8bf = 420$ piedi, 2 pollici ed 8 linee, $4a^2 = 36$, $8ad = 144$, $\frac{8}{3} d^2 = 96$ ed $n^2 = 81$. Fatte le debite sostituzioni, e sviluppate le operazioni indicate, si avrà a calcoli ultimati $y = 6$ piedi, che sarà la lunghezza da assegnare ai contrafforti per ottenere l' equilibrio.

OSSERVAZIONE I.

§ 45. Se si volesse che i contrafforti ed il rivestimento, invece di far equilibrio semplicemente alla potenza P, fossero capaci di sopportare lo sforzo d'un'altra potenza maggiore d'un quarto della prima, bisognerebbe invece di supporre $bf = 52$ piedi, 6 pollici, e 4 linee, supporlo di 65 piedi, 8 pollici, ed allora i contrafforti in vece di 6 piedi avranno 9 piedi, 6 pollici e quattro linee di lunghezza.

OSSERVAZIONE II

§ 46. Abbiamo supposto che lo spazio L M N O (fig. 36) che esiste dietro il rivestimento fosse riempiuto per un quarto di muratura e per tre quarti di terra, giacchè l'intervallo A B d'un contrafforte all'altro è triplo della grossezza B C di ciascun contrafforte; ed a tal fine abbiam divisa la lunghezza E B in quattro parti, potendosi in effetto la linea A C, composta di quattro parti èguali, considerarsi il triplo di B C. Ma se si volesse che i contrafforti fossero più vicini gli uni agli altri, e che la loro scambievole distanza fosse soltanto del doppio della loro grossezza, lo spazio occupato da tutti i contrafforti starebbe a quello compreso tra le due parallele L M, ed N O come 1 : 3, il che mostra che in vece di dividere la lunghezza incognita dei contrafforti, cioè y, per 4, basterebbe dividerla per 3 o per 2, se si volesse che i contrafforti fossero solamente distanti gli uni dagli altri d'un intervallo eguale alla loro grossezza; finalmente volendosi che l'estensione occupata dai contrafforti stia a tutto lo spazio racchiuso dalle parallele come 2 : 5, bisognerà moltiplicare y per 2 e dividere il prodotto per 5 ed allora si avrà $\frac{2}{5}y$ che esprimerà la riduzione dei contrafforti; ora siccome 5 indica tutto lo spazio racchiuso tra le parallele, e 2 quello occupato dai contrafforti, sottratto dunque 2 da 5, resterà 3 ed i numeri 2 e 3 indicheranno il rapporto della grossezza dei contrafforti alla loro distanza. Sarà ben fatto il tenere conto di tale osservazione benchè sembri di poco momento, perchè nel problema seguente nel quale cercheremo il rapporto della grossezza dei contrafforti alla loro distanza ne potrà tornar utile.

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

§ 47. Determinata la lunghezza A G dei contrafforti (fig. 35 e 36), la grossezza B C del rivestimento e la sua linea di scarpa E D, si domanda la grossezza da darsi ai contrafforti per rispetto alla distanza alla quale dovranno essere posti gli uni dagli altri affinchè tutta la muratura sia in equilibrio colla potenza P diretta da C in Q.

Si suppone anche qui, come abbiam già fatto altrove, che la potenza P sia molto maggiore della resistenza di cui il rivestimento A B C D è capace pel proprio peso, e che sia per conseguenza necessario munire di contrafforti il rivestimento per dargli la forza che gli manca. Ora come nel precedente problema abbiamo cercato la lunghezza da assegnarsi a questi con-

trafforti per ottenere il punto d'equilibrio, si suppone in questo che tale lunghezza sia determinata, e si cerca soltanto il rapporto della grossezza dei contrafforti alla loro distanza, affinchè compongano insieme un tutto che render possa il rivestimento capace di sopportare lo sforzo della potenza.

Fatto G A $= h$; B A $= c$; A E $= a$; E D $= d$; A D $= n = a + d$, e la potenza P $= bf$ come al solito, sarà il peso N $= \frac{1}{2} c\,d$ ed il peso M $= a\,c$. Quanto al peso L, siccome non deve esprimere che una parte del rettangolo G F B A, non può dirsi che $c\,h$ sia il valore di questo peso, giacchè $c\,h$ deve dividersi per una certa grandezza che determina il rapporto della grossezza dei contrafforti al loro intervallo; ora questa incognita grandezza la chiameremo x ed allora il peso L sarà $\frac{c\,h}{x}$. Trovata pertanto la risultante O dei tre pesi L, M, ed N e moltiplicata pel braccio di leva I D, darà un prodotto eguale a quello della potenza P pel suo braccio di leva D Q, e avrem quindi l'equazione:

$$\frac{c h^2}{2 x} + \frac{c n h}{x} + \frac{1}{2} a^2 c + a\,d\,c + \frac{1}{3} c\,d^2 = b f c,$$

che sciolta rispetto ad x, darà:

$$x = \frac{h^2 + 2 n h}{2 b f - a^2 - 2 a d - \frac{2}{3} d^2}$$

APPLICAZIONE

Supposto che la potenza P sia di 66 piedi, che G A od h sia di 7 piedi; E D o d di 6, A E od a di 3, si avrà 9 per valore di n. Ciò posto il dividendo dell'equazion precedente sarà 175 e il divisore 63, e fatta la divisione si avrà per quoto $2 + \frac{7}{9}$ o sia $x = \frac{25}{9}$; cioè bisogna dividere $c\,h$ per $\frac{25}{9}$. Ma siccome $c\,h$ diviso per $\frac{25}{9}$ è lo stesso di $\frac{9}{25}\,c\,h$, si vede che togliendo $c\,h$ che è inutile, e sottraendo il numeratore dal denominatore, si ha $\frac{9}{16}$ che indica il rapporto della grossezza da darsi ai contrafforti colla distanza che devono avere l'uno dall'altro. Vale a dire, per esempio, che se si dessero 4 piedi e mezzo di grossezza ai contrafforti, bisognerebbe costruirli alla distanza di 8 piedi gli uni dagli altri.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

§ 48. Determinata (fig. 35 e 36) la lunghezza G A dei contrafforti, la loro grossezza, e la loro distanza, come pure la linea della scarpa E D, e l'altezza C E, si domanda la grossezza da darsi alla sommità B C del rivestimento, perchè pel proprio peso sia in equilibrio con una potenza che tira da C in Q.

Si faccia G A $= h$; E D $= d$, l'altezza C E $= c$; la grossezza B C $=$ A E $= x$, e P $= bf$ come al solito; e supposto che l'area occupata dai contrafforti stia a tutta la L M N O, come 2 : 5, la ridu-

zione dei contrafforti, o se vuolsi, il valore del peso L sarà $\frac{2}{5}\,ch$, il peso M sarà cx ed il peso N, $\frac{1}{2}\,cd$. Riuniti ora questi tre pesi in un solo O, e moltiplicato questo peso pel braccio I D, si avrà, come nella proposizione antecedente, un prodotto eguale a quello della potenza P pel suo braccio di leva D Q e per conseguenza l' equazione:

$$\frac{1}{2}cx^2+cdx+\frac{2}{5}chx+\frac{1}{5}ch^2+\frac{2}{5}cdh+\frac{1}{3}cd^2=bcf,$$

da cui si cava $x=-n\pm\sqrt{(2bf+n^2-\frac{2}{5}h^2-\frac{4}{5}dh-\frac{2}{3}d^2)}$

supposto $n=d+\frac{2}{5}h$.

APPLICAZIONE

Supposto che sia la potenza $bf = 55$ piedi, $h=5$, E D $= 4$, sostituiti questi valori nell' equazion trovata si vedrà che la grossezza B C od A E dev' essere di 4 piedi, 5 pollici e 4 linee, perchè il rivestimento coi contrafforti sia in equilibrio con la potenza.

OSSERVAZIONE

§ 49. Trovato il punto d'equilibrio colle norme date dagli antecedenti problemi, si fa in modo che i rivestimenti ed i contrafforti abbiano una resistenza maggiore della spinta delle terre, o dando maggiore grossezza alla sommità o aumentando la linea della scarpa, o la lunghezza dei contrafforti. Ciò non offre veruna difficoltà e reputo inutile darne esempi.

Esame delle differenti figure che possono avere le basi dei contrafforti.

§ 50. Abbiam già detto al principio di questo capitolo come fosse necessario prendere in disamina la figura da darsi alla base dei contrafforti a norma degli usi diversi ai quali i muri fossero destinati; tornando appunto qui in acconcio l' esaminarne tutte le circostanze, parmi a tal proposito doversi notar quanto segue:

Trattandosi di muri che non sopportano veruna spinta, come quelli di cinta, ed ai quali vogliansi apporre dei contrafforti, pare che si possa indifferentemente farli di qualsivoglia figura, perchè in tal caso i contrafforti non servono ad altro che a dare maggior assetto ai muri; ed essendovi l' uso di farli a base rettangolare, non v'ha alcuna ragione per che si debba deviarne.

Ma quando i contrafforti son posti dietro rivestimenti che devono sostenere terre od altri considerevoli pesi, sarà meglio dare alla base la forma ECDF (fig. 38) in cui la CD linea esterna è maggiore della EF linea colla quale si unisce al rivestimento, perchè il centro di gravità, invece di trovarsi nel mezzo della sua lunghezza, come nel rettangolo A B, sarà più lontano dal punto d' appoggio, e quindi divenendo più lungo il braccio di leva corrispondente alla potenza, il rivestimento presenterà a pari

muratura, una maggior resistenza di prima, e se nella precedente proposizione ho supposto rettangolare la base dei contrafforti ho voluto adottare un modo di maggiore semplicità, ma non inferirne propriamente che tali debbansi fare di fatto.

Se i contrafforti son situati esternamente, opposti cioè alla spinta della potenza operante, come si usa ai piedritti delle volte, bisognerà al contrario che la linea più esterna della base sia minore di quella che è comune ai contrafforti, come in IHGK (fig. 38) perchè il centro di gravità sarà più lontano dal punto d'appoggio, ed il braccio di leva corrispondente al peso si troverà bensì allungato ancora come nel caso precedente, ma in un senso contrario, il che darà maggior forza ai piedritti ed ai contrafforti.

Taccio d'altre figure che potrebbero assegnarsi alla base dei contrafforti per rendere vieppiù robusti i rivestimenti, perchè queste figure dipenderebbero da certe curve, difficili da farsi comprendere ed ai muratori ed a coloro che li dirigono. Al pari di essi io trovo ripugnanza per tutto ciò che non è d'assoluto vantaggio soprattutto nelle cose che deggiono essere eseguite da semplici manuali.

Ma per ben giudicare della resistenza, di cui i rivestimenti possono essere capaci, rapporto alla figura che si darà ai loro contrafforti, supporremo che il profilo LY (fig. 37) appartenga a tre rivestimenti diversi, il primo dei quali abbia i suoi contrafforti come AB (fig. 38), il secondo come CF, ed il terzo come HK; che questi contrafforti siano equivalenti in superficie, e che quindi la quantità di muratura sia eguale per ciascun rivestimento. Ciò posto si noti che nel rettangolo AB, il centro di gravità è in O, metà della linea LR (§ 1) che corrisponde anche al profilo; ma per avere il centro di gravità del piano CF (§ 10) bisognerà dividere la LR in tre parti eguali, LM, MQ, QR, tagliare poi la MQ nel punto N in modo che sia NM : NQ :: EF : CD, ora siccome CD = 2EF, sarà NQ = 2NM e di conseguenza N il centro di gravità. Ma nel profilo il peso del contrafforte graviterà più in N che in O nella ragione di NZ a OZ, che devonsi considerare come bracci di leva il cui fulcro è in Z; laonde il contrafforte CF resisterà più che AB nella ragione delle linee NZ ed OZ.

Il contrafforte CF però resisterà ancora di più del contrafforte HK, se la GK è doppia di HI; perchè allora MP sarà doppia di PQ, il centro di gravità sarà al punto P, e il peso che ivi si troverà non graviterà tanto quanto se fosse in O, ed ancor meno che se fosse in N, secondo che PZ sarà più piccola di NZ.

Da quanto abbiam detto risulta che più le linee eguali CD e GK saranno maggiori di EF ed HI più il contrafforte CF sarà superiore in resistenza ad HK, quando le basi di questi due contrafforti saranno eguali in superficie.

Volendo esprimere in un modo generale la resistenza di cui ciascuno de' tre rivestimenti è capace, chiameremo $RV = a$; $VZ = d$; $VY = c$; $RZ = q$; $LR = h$; ed $\frac{h}{3} = n$; si avrà $\frac{1}{2} a^2 c + acd + \frac{1}{3} cd^2$ pel rettangolo RY e pel triangolo della scarpa riunito intorno al punto T, e moltiplicato pel braccio di leva TZ. D'altra parte ch esprimerà il valore del rettangolo dei contrafforti e se si suppone come al § 46 che la muratura dei contrafforti occupi una terza parte dello spazio tra le estremità

e la radice si avrà $\frac{1}{3}\,ch$ pel valore de' contrafforti ridotto, che bisognerà moltiplicare pei bracci di leva $OZ = q + \frac{3}{2}n$, $NZ = q + \frac{5}{3}n$, $PZ = q + \frac{4}{3}n$ e si avranno i prodotti $\frac{1}{3}chq + \frac{1}{2}cnh$; $\frac{1}{3}chq + \frac{5}{9}chn$; $\frac{1}{3}chq + \frac{4}{9}chn$, che bisognerà dividere per TZ per riunire ciascun peso al punto T. Ma dovendo poi queste grandezze essere moltiplicate per la stessa linea TZ, quando si vorranno stabilire le equazioni de' pesi e delle potenze pel loro braccio di leva, basterà sommare ciascuno di questi prodotti con $\frac{1}{2}a^2c + acd + \frac{1}{3}cd^2$. Così chiamata x la potenza che sarà in equilibrio col primo rivestimento dei contrafforti AB si avrà $\frac{1}{2}a^2 + ad + \frac{1}{3}d^2 + \frac{1}{3}hq + \frac{1}{2}hn = x$; chiamata y quella del rivestimento i cui contrafforti sono come FC, si avrà $\frac{1}{2}a^2 + ad + \frac{1}{3}d^2 + \frac{1}{3}hq + \frac{5}{9}hn = y$, e finalmente chiamata z la potenza che è in equilibrio con la resistenza del rivestimento i cui contrafforti sono come HK, si avrà $\frac{1}{2}a^2 + ad + \frac{1}{3}d^2 + \frac{1}{3}hq + \frac{4}{9}hn = z$. Per conseguenza assegnando valori in numeri alle linee espresse dalle lettere che formano il primo membro delle precedenti equazioni, sarà facile conoscere il rapporto delle tre potenze x, y, z che mostrerà quanto maggior forza abbiano gli uni degli altri tali rivestimenti.

Da ciò ne segue che volendosi fare rivestimenti di eguale altezza, e che abbiano spinte eguali da sopportare; bisognerà per metterle in equilibrio, dare maggior grossezza alla sommità di quelli che hanno i contrafforti come HK che non alle sommità di quelli che hanno i contrafforti come CF (7).

Non so per qual ragione, facciansi d'ordinario i contrafforti della forma HK anzichè della CF, se non per viemeglio congiungerli alla muraglia; poichè tolto un tal motivo, che è di qualche importanza, segnatamente quando si manca di buoni materiali, è fuor di dubbio occorrere maggior muratura nella prima maniera che nella seconda, per produrre il medesimo effetto. Alcuni s'avvisano che con ciò possa diminuirsi la spinta delle terre; ma a torto, perchè esse opererebbero nella stessa guisa, qualunque fosse la forma de' contrafforti, come è facile il provarlo. Altri vogliono che in tal guisa sostengano questi più a lungo la forza del cannone quando si cerca aprire la breccia, e impediscono che il paramento d'un'opera non sia facilmente guastato. Questa ragione non è migliore della precedente, come vedremo.

Supposto che la muraglia sia stata rovinata sino ai piedi dei contrafforti, si sa che quando le batterie degli assedianti hanno ottenuto un tale scopo, i contrafforti non oppongono piccolo ostacolo all'avanzamento della breccia, poichè essendo essi meno esposti del rimanente, non senza diffi-

(7) V. le Note del Navier.

coltà giunge l'inimico a spianarli, al punto di rendere praticabile la breccia. Trattasi or di sapere quale dei due contrafforti CF o HK sosterrà più a lungo l'urto dei projettili; a tal fine li supporremo distaccati dal corpo del rivestimento.

Non può negarsi che presentandosi lo sperone (fig. 39 e 40) al nemico colla fronte FH sarà devastato più presto che se mostrasse la faccia BC, stante la poca solidità degli spigoli F ed H; e siccome il residuo dello sperone si va sempre attenuando in verso il collo, crescendo il crollamento a misura che si staccano le prime parti, ne avverrà ben presto il completo disfacimento.

Così non può dirsi dell'altra figura: perchè siccome la base BC presenta una più piccola fronte, ella sarà meno esposta, e gli angoli ottusi B e C si sosterranno più degli altri F ed H. Inoltre le facce AB e BC, presentandosi solo in isbieco, la palla non le colpirà con l'assoluta sua forza. Così la rovina non potrà accadere se non a gradi a gradi, e a mano a mano che le parti che stanno immediatamente dietro la linea BC saranno distrutte; ed io non dubito nè poco nè assai che se occorrono quaranta colpi di cannone per spianare il contrafforte FH, ve ne occorreranno più di sessanta pel contrafforte AC. E siccome accadrà lo stesso per tutti gli altri che accompagneranno quest'ultimo nell'estensione della breccia, non può porsi in dubbio che un rivestimento, i cui contrafforti siano più grossi all'estremità che alla radice, non si reggano più a lungo che se fossero fatti coll'ordinario sistema. Del resto non vo' intorno a ciò decidere assolutamente; ho esposto il mio pensiero e se ne farà quell'uso che più crederassi a proposito. Ciò che posso dire per giustificare le mie proposizioni, e che si toglie un po' dal comune si è che io non propongo cosa alcuna che non venga confermata dalle dimostrazioni.

Per unire tale dissertazione con le proposizioni di questo capitolo, sarà qui opportuno il far notare, che tanto servendosi dei contrafforti come CF quanto di quelli come HK (fig. 38) i problemi precedenti si scioglieranno nella stessa guisa che se i contrafforti fossero come AB non essendovi altra differenza che nella situazione del centro di gravità. E però quando essi saranno come CF, bisognerà moltiplicare la superficie dei contrafforti per la linea NZ, e quando saran come HK, bisognerà moltiplicarla per PZ e non per OZ, essendo il braccio di leva aumentato nel primo caso e diminuito nel secondo.

Il sig. Delorme vedutomi intento a questo lavoro, dissemi che avendo demolite nell'ultima guerra varie piazze del Ducato di Savoia fra le altre Pinerolo, Vercelli, Ivrea e Verrua, avea notato che tutti i contrafforti dei rivestimenti di queste piazze erano uniti insieme da un arco che finiva all'altezza del cordone, e che sopra gli archi ed i contrafforti trovavasi una specie di banchina su la quale posava la maggior parte delle terre del parapetto. Ciò gli suggerì che per fortificare i rivestimenti contro la spinta delle terre e l'effetto del cannone, e togliere che la breccia si facesse presto, si potrebbe nello spazio fra i due contrafforti formare un arco che stendendosi su tutta la loro lunghezza, contribuirebbe molto a rendere più solido il rivestimento, senza essere costretti a dargli tanta grossezza alla sommità, principalmente ne' bastioni di molta elevazione, e sarebbe d'avviso che formati degli archi a tutto sesto, l'altezza presa al

sottarco fosse all'incirca due terzi di tutta quella del rivestimento o dei contrafforti dalla ritirata sino al cordone. Da tal costruzione ne viene il vantaggio che l'inimico dopo aver rovinata l'incamiciatura, troverebbesi, ancora nella necessità non solo di abbattere i contrafforti, ma di distruggere anche gli archi, che sarebbero di grande ostacolo al franamento delle terre, ed all'avanzamento della breccia, sicchè a ben considerarla, si avrebbero due rivestimenti e non uno da rovinare.

So che il sig. Vivier, ingegnere in capo di Charlemont, ha proposto, non ha molto, un nuovo sistema di rivestimento, nel quale adopera quattro archi gli uni su gli altri per legare i contrafforti (8); questi danno tanta robustezza al rivestimento, che non abbisogna di una grossezza maggiore di tre piedi tanto sopra la ritirata quanto in cresta, essendo alzato a piombo d'ogni parte, certo per non esporne la superficie alle vicende atmosferiche, precauzione ch'io approverò sempre ad onta di quanto ho espresso a favore dei muri a scarpa.

Ma siccome ciò è stato suggerito solo dallo spirito d'una teorica che non dee niente lasciarsi sfuggire di ciò che merita qualche attenzione, fui sempre d'avviso che trattandosi d'innalzar muri non debbasi far capitale delle mie osservazioni a discapito di quelle sollecitudini che devonsi avere in pratica, rapporto alla qualità de' materiali adoperati e ad altre circostanze inseparabili da quanto abbiamo di mira. Per dir tutto in una parola, quando si potrà dare molta scarpa ad un muro, senza che ciò possa nuocere alla sua durata, non deve tralasciarsi di farlo, perchè occorrerà una minor muratura; ma se un s'accorge che ciò possa poi portare nocumento, sarà meglio dargliene una minore, e non prendersi cura se bisogna adoperare una maggior copia di materiale: se si perderà da una parte si otterrà sempre qualche guadagno dall'altra.

Prevedo che molti i quali giudicano solo le cose superficialmente, ed anche talvolta senza comprenderle, diranno forse dopo aver letto le mie osservazioni, ch'io potea risparmiarmi la cura di sviluppare un argomento su cui si sa già come regolarsi; poichè è noto che il sig. Vauban ha dato un profilo che conviene ad ogni sorta di bastioni. Non nego che questo profilo sia bene immaginato; ma mi sia lecito il chiedere se possano ritenersi infallibili le sue dimensioni. Imperocchè non essendo stabilito sopra alcun dimostrato principio, potrebbe non essere tanto giusto quanto vien creduto. Del resto non è già mia intenzione di diminuirne il merito, e stimo troppo tutto quanto è opera di questo illustre autore per ingolfarmi in una censura che mi starebbe male. Ma siccome il rispetto che si deve alla memoria de' grandi uomini non ci obbliga ad una cieca fiducia in tutto ciò che è opera loro, così farò un parallelo del profilo generale colle regole da me stabilite.

Parallelo del profilo generale di Vauban con le regole dei precedenti capitoli.

§ 51. Il sig. Vauban, accortosi, come gli antichi ingegneri dissentissero su le dimensioni da darsi ai rivestimenti di muratura, che alcuni volevano di

(8) V. le note del Navier.

straordinaria grossezza, altri di tal grossezza appena che bastasse a sopportare il peso delle terre, stabilì un profilo generale adattato ad ogni sorta di altezza di bastioni, dai dieci piedi sino agli ottanta: e quantunque sia conosciutissimo da coloro che attendono alle fortificazioni, m'è sembrato non inutile affatto il dare la spiegazione che ne porge lo stesso Vauban, prima di entrare in nessuna particolarità, perchè si possano verificare le mie osservazioni, senza essere costretti a cercare altrove questo profilo.

1.° Dove la muratura è buonissima, si può fissare la grossezza alla sommità di quattro piedi e mezzo; ma dove non ha tal pregio, bisogna aumentarla sino a cinque piedi e sei pollici ed anche più se è molto cattiva.

2.° I contrafforti agli angoli salienti devono essere raddoppiati e congiunti da ambo i lati per rapporto alle linee rette che formano questi angoli.

3.° Saran sempre innalzati a piombo, all'estremità ed ai lati, e ben uniti al corpo della muraglia.

4.° I contrafforti saranno alti quanto il cordone, e sarebbe ancora meglio assegnare ad essi due piedi di più pel sostegno del parapetto.

5.° Quanto alle opere ove il rivestimento è innalzato soltanto alla metà o ai tre quarti del bastione, ed il resto è coperto di una mantellatura di zolle erbose, bisognerà regolare la sua grossezza come se dovesse essere innalzato in muratura sino alla sommità del bastione.

Se per esempio si innalzassero quindici piedi di piote al di sopra del rivestimento, bisognerebbe aumentare la grossezza alla sommità di tre piedi coi cinque piedi che ella avea di già, per averne otto all'origine delle piote.

6.° Bisogna aumentare la grandezza e la solidità dei contrafforti a proporzione dell'altezza del rivestimento; se, per esempio, il rivestimento ha 35 piedi d'altezza, cioè 20 di puro rivestimento e 15 di strati di piote, bisognerà praticarvi i contrafforti dati da un profilo di 35 piedi di altezza, e bisognerà che il rivestimento abbia la stessa grossezza tanto avendo per altezza 20 piedi, quanto avendone 35.

7.° Nei luoghi ove si faranno dei *cavalieri* (a) come a Maubeuge, bisognerà aumentare la sommità del profilo di un mezzo piede di grossezza per ogni 5 piedi che il cavaliere sarà innalzato al di sopra del rivestimento, e la solidità dei contrafforti in proporzione, e ciò deve intendersi dei grandi rivestimenti della piazza, e non di quelli che si fanno qualche volta ai cavalieri o solamente quando il piede del cavaliere sta a tre o quattro tese dal parapetto.

8.° Nelle due ultime colonne della tavola si trovano espresse in tese, piedi e pollici cubici le unità di misura in tesa corrente di questi diversi profili, riduzione fatta dei contrafforti.

9.° Questi profili sono proposti soltanto per la muratura che deve sostenere forti carichi di terra di fresco mossa, e non per quella posta contro la terra vergine non anco mossa, come nella maggior parte dei rivestimenti.

(a) Cavaliere dicesi una elevazione di muratura o di terra, di figura circolare o poligona, che domina le parti della fortezza, e che è fatta per iscoprir da lontano, ed offendere con le artiglierie. Chiamasi pure cavaliere di trincea quella parte del trinceramento alzata alla metà o ai due terzi dello spalto, verso i suoi angoli salienti che serve ad iscoprire o a battere d'infilata la strada coperta.

Il sig. Vauban, dà in seguito a questa spiegazione una tavola composta di più colonne ove le dimensioni di ciascun particolare profilo contenuto nella figura sono ragguagliate e proporzionate, a suo dire, al peso delle terre che dovranno sopportare, e per provarne l'aggiustatezza, ha soggiunto d'averla esperimentata sopra 500000 tese cubiche e più di muratura fabbricate a cento cinquanta piazze fortificate per ordine di Luigi il Grande.

TAVOLA

Per spiegare le dimensioni contenute nel profilo generale del Maresciallo di Vauban.

ALTEZZA dei profili o dei rivestimenti		GROSSEZZA dei rivestimenti alla sommità		GROSSEZZA dei rivestimenti alla ritirata		DISTANZA dalla metà d'un contrafforto all'altro		DISTANZA dalla metà d'un contrafforto all'altro		LUNGHEZZA dei contrafforti		GROSSEZZA dei contrafforti alla radice		GROSSEZZA dei contrafforti alla coda		CUBO di muratura per tesa corrente essendo i contrafforti di 18 in 18 piedi		CUBO di muratura per tesa corrente essendo i contrafforti di 15 in 15 piedi	
piedi	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
10	3,2483	5	1,6242	7	2,2738	18	5,8469	15	4,8724	4	1,2993	3	0,9745	2 -	0,6496	2 - 11 1	0,6747	2 1 1 4	0,6798
20	6,4967	»	»	9	2,9234	»	»	»	»	6	1,9490	4	1,2993	2 8	0,8662	4 5 — 5	1,4357	4 5 9 4	1,4558
30	9,7451	»	»	11	3,5731	»	»	»	»	8	2,5987	5	1,6242	3 4	1,0827	8 3 3 1	2,6866	8 5 1 4	2,7369
40	12,9935	»	»	13	4,2227	»	»	»	»	10	3,2483	6	1,9490	4 -	1,2993	13 2 6 2	4,2909	14 - 2 8	4,4536
50	16,2419	»	»	15	4,8724	»	»	»	»	12	3,8979	7	2,2738	4 8	1,5158	19 3 8 10	6,2630	20 4 2 8	6,6105
60	19,4903	»	»	17	5,5221	»	»	»	»	14	4,5476	8	2,5987	5 4	1,7324	27 1 10 2	8,8204	29 6 2 8	9,5885
70	22,7387	»	»	19	6,1717	»	»	»	»	16	5,1972	9	2,9234	6 -	1,9490	36 3 9 4	11,7961	39 3 4 -	12,7586
80	25,9871	»	»	21	6,8214	»	»	»	»	18	5,8469	10	3,2483	6 8	2,1655	47 4 5 4	15,3874	51 2 8 -	16,6386

Si suppone che tutti i rivestimenti dai 10 agli 80 piedi abbiano per iscarpa la quinta parte dell'altezza, come può vedersi dalla figura generale. Benchè la maggior parte degli Ingegneri trovino troppo grande questa scarpa, il sig. Vauban l'ha però mantenuta in tutte le piazze da lui innalzate, e siccome dee credersi che a lui non fossero sconosciute le ragioni che persuasero ai moderni costruttori di assegnarne una minore, bisogna supporre non le abbia reputate di tanta importanza da prendersene pensiero.

Per tenersi ad una via certa, soggiugnerò, al proposito dei contrafforti, che il sig. Vauban propose di farli di 18 in 18 piedi, come vedesi nella quarta colonna, oppure di 15 in 15 piedi come nella quinta, vale a dire che se si fosse d'avviso che il rivestimento d'uno dei profili di cui vogliasi far uso non fosse abbastanza solido per sopportare il peso delle terre, invece di stabilire 18 piedi di distanza dalla metà d'un contrafforto all'altro, se ne stabilissero 15. Forse fu suo avviso se ne dovesse far uso allorquando il rivestimento avesse a sopportare qualche cosa più del bastione ordinario, come sarebbe per esempio un cavaliere, o qualche altra opera, giacchè nelle fortificazioni di Landau, di Neuf-Brisach, di Befort ec., stabilì una distanza di 18 piedi. Ma o in un modo o nell'altro egli dà sempre le stesse dimensioni ai contrafforti: cioè o facciansi di 15 in 15 o di 18 in 18 piedi hanno la stessa lunghezza e la stessa grossezza tanto alla radice quanto alla coda, come vedesi nella Tavola.

Siccome occorre una maggior muratura pei rivestimenti che hanno i contrafforti di 15 in 15 piedi che per quelli in cui sono di 18 in 18, egli ha date le due ultime colonne della tavola. Nella penultima si trova espresso in tese, piedi e pollici cubici, come si è detto nell'ottavo articolo della spiegazione, il valore d'una tesa corrente dei rivestimenti, compresivi i contrafforti ridotti, quando sono di 18 in 18 piedi, e l'ultima è il valore d'una tesa corrente degli stessi rivestimenti, quando sono soltanto di 15 in 15 piedi. Ma si noterà che questo valore della tesa corrente nell'una e nell'altra colonna vale soltanto per la muratura dei rivestimenti al di sopra della ritirata, perchè non vi si tien conto dei fondamenti, la differenza del terreno richiedendoli più profondi in un luogo che nell'altro.

Si noterà ancora che a norma di quanto è segnato nella settima e nella ottava colonna, come pure nel profilo generale, tutti i contrafforti sono più grossi alla radice che alla coda, e questa grossezza della coda è due terzi di quella della radice, la quale va sempre crescendo di un piede al crescere di 10 la grossezza del rivestimento, e che la lunghezza degli stessi contrafforti aumenta di due piedi, seguendo ancora la proporzione delle altezze.

Nei contrafforti dei quali ho parlato nel § 50, ho supposto che la radice GK (fig. 38) sia doppia della coda HI, perchè volendo disporle in un senso contrario come nel contrafforto CF, per le ragioni già adottate, m'è sembrato più opportuno fare che la EF sia la metà anzichè due terzi della CD, avvegnacchè più la coda dei contrafforti sarà maggiore della radice, più avrà robustezza il rivestimento; e per tale ragione non ho seguito la pratica del sig. di Vauban.

Ove si prenda a considerare la seconda colonna della tavola, si vedrà che i rivestimenti, qualunque sia l'altezza che vogliasi loro assegnare, devono aver sempre cinque piedi alla sommità. Così, fu solamente accresciuta la loro grossezza su la ritirata, della quantità di cui cresce la linea della

scarpa al crescere dell'elevazione, il che non renderebbe la resistenza di questi rivestimenti proporzionale alla spinta che debbono sopportare, a meno che non si rimediasse in parte a tale difetto coll'aumento da farsi ai contrafforti, come abbiam detto nella sesta parte della spiegazione. Ma del profilo generale si è già parlato abbastanza. Passiamo al parallelo che mi sono proposto di fare.

Quando si è avvezzi nelle operazioni a seguire i principii delle matematiche facilmente ci formiamo da noi stessi delle difficoltà. Se l'evidenza non regna in tutto quanto ne vien dato per esatto, lo spirito non è soddisfatto, e in ciò che a tutti pare indubitabile san trovare incertezze i geometri. Così a me pure accadde per molto tempo rispetto al profilo generale di Vauban. Questo profilo, ho detto più volte fra me e me, deve avere i suoi pregi, perchè con buon esito tutti se ne giovarono; nasce ciò forse perchè i rivestimenti che vi sono dati sono in equilibrio colla spinta delle terre? o la loro resistenza piuttosto è tanto maggiore di questa spinta che non possano mai essere rovesciati? Se ciò è, io dunque adopero forse senza saperlo una gran quantità di muratura superflua. E se per lo contrario le loro dimensioni sono appena quali debbon essere perchè la resistenza sia un po' maggiore della spinta delle terre, non si possono dunque con tutta sicurezza innalzare sul bastione dei cavalieri o altre opere per ripararsi contro i *comandi* (a), perchè il rivestimento troppo essendo debole per sostenere questo nuovo carico, potrebbe rovesciarsi nel fosso, come è qualche volta accaduto.

Tali riflessioni mi convinsero essere necessario di saper calcolare la spinta delle terre per adattarvi i rivestimenti, se se ne vogliono costruire, o per sapere di quale resistenza sono capaci, allorquando si volesse aumentare la spinta che sopportano: ed essendo questo appunto il soggetto delle nostre disamine, ci occuperemo dei primi sei rivestimenti del profilo generale, perchè a quanto sembra ciò che diremo per gli uni potrà dirsi degli altri, e cominceremo per cercare quale sia la forza colla quale ciascuno di essi deve fare equilibrio supponendoli delle stesse dimensioni assegnate su la tavola.

Fatt' astrazione dal piccolo muro CN (fig. 42), di cui non terrem conto essendo sempre lo stesso in tutti i profili, ed essendo ormai fuori d'uso, chiameremo la grossezza AC o BD, a; l'altezza CD, c; la linea della scarpa DE, d; la lunghezza GB dei contrafforti h; la distanza KE del centro di gravità dei contrafforti al punto d'appoggio n, ed il rapporto fra lo spazio occupato dai contrafforti alla distanza della metà d'un contrafforto a quella d'un altro sarà espresso da $\frac{p}{q}$.

Ciò posto, se si moltiplica ch per $\frac{p}{q}$ si avrà $\frac{pch}{q}$, pel valore dei contrafforti ridotto, valore che moltiplicato pel braccio di leva $EK = n$, ci darà $\frac{pchn}{q}$; così moltiplicando il peso $R = \frac{1}{2} cd$ pel suo braccio di leva

(a) S'intende per comando d'un'opera il soprastare della cresta del suo parapetto al di sopra del suolo, ed il comando o signoreggiare d'un'opera sopra un'altra consiste nella differenza d'altezza fra le loro creste.

$ME = \frac{2}{3}d$, ed il peso $Q = ac$ pel suo LE, sommando questi tre prodotti, si avrà $\frac{pchn}{q} + acd + \frac{1}{2}a^2c + c + \frac{1}{3}cd^2$, pel valore dei pesi P, Q, R, riuniti al punto L, e moltiplicati pel braccio di leva LE eguale (§ 22) al prodotto del braccio di leva AB o ES per la potenza cercata: che essendo chiamata x ne dà $\frac{phn}{q} + ad + \frac{1}{2}a^2 + \frac{1}{3}d^2 = x$ equazione generale che converrà a qualsivoglia profilo di rivestimento, poichè non dovrassi avere riguardo che al valor delle lettere.

Volendo ora applicare questa equazione ad un rivestimento di 20 piedi d' altezza si ricorrerà alla tavola del sig. Vauban, per vedere le misure che gli appartengono e si troverà $d = 4$, $a = 5$, $h = 6$, $n = 11.\ 9.\ 6.$ Siccome la grossezza dei contrafforti alla coda è due terzi di quella della radice e che per conseguenza questi contrafforti hanno trapezj per base, si noti che, operando per esempio sul profilo GC, la linea BG (§ 10) deve essere divisa in tre parti eguali, e quella di mezzo HI tagliata in K per avere il centro di gravità, sicchè stia KI a KH come la grossezza della coda sta a quella della radice, cioè come 2 a 3: così sarà $KI = \frac{2}{5}$ HI o IB; ma siccome $GB = 6$, sarà $HI = BI = 2$, con cui sommando $\frac{2}{5}$ IB si avranno 2 piedi, 9 pollici e 6 linee pel valore di KB, che sommato con $BE = a + d$, darà 11 piedi, 9 pollici e 6 linee pel valore di n. Per conoscere adesso il valore di $\frac{p}{q}$ si noti che p deve indicare la grossezza di ciascun contrafforte e q l' intervallo della loro metà: sommando dunque le dimensioni della radice con quelle della coda, come si trovano nella tavola, cioè 4 piedi con 2 piedi ed 8 pollici, e presa la metà della somma, 3 piedi e 4 pollici, sarà la grossezza media dei contrafforti e per conseguenza il valore di p. Quanto poi a quello di q sarà sempre di 18 per esser costante la distanza della metà di un contrafforto a quella d' un altro. Sarà dunque $\frac{p}{q} = \frac{5}{27}$.

Moltiplicando questa quantità per nh si troverà $\frac{phn}{q} = 13$ piedi 1 poll. e $\frac{2}{9}$. Si troverà altresì che $ad + \frac{1}{2}a^2 = 32$ piedi 6 poll. ed $\frac{1}{3}d^2 = 5$ piedi e 4 poll. Sommati dunque insieme questi numeri, avremo 50 piedi, 11 poll. $\frac{2}{9}$ pel valore di x, cioè per la potenza colla quale il rivestimento di 20 piedi del profilo generale può essere in equilibrio. Facendo colla maggiore possibile precisione questi calcoli ho trovato che il rivestimento di 10 piedi d' altezza, era in equilibrio con una potenza di 28 piedi e 10 pollici; quello di 20 con 50 piedi, 4 pollici e 10 linee; quello di 30 con 81 piede e 1 un pollice; quello di 40 con 123 piedi 10 pollici; quello di 50 con 175 piedi 10 pollici; finalmente quello di 60 con 237 piedi e 7 pollici.

Per conoscere adesso il rapporto tra la resistenza di ciascuno di questi rivestimenti con le potenze che esprimono la spinta delle terre che devono

sopportare, bisogna cercare il valore di queste potenze per 10, 20, 30, 40, 50 e 60 piedi d'altezza nella terza colonna della tavola che abbiam data a pag. 44 e si troverà che sono equivalenti a 15 piedi 7 pollici; 41 piedi 5 pollici; 75 piedi 4 pollici; 117 piedi 8 pollici; 170 piedi 1 pollice e 233 piedi, che paragonati colla resistenza dei rivestimenti daranno $\frac{15}{28}$, $\frac{41}{51}$, $\frac{75}{82}$, $\frac{117}{124}$, $\frac{170}{176}$, $\frac{233}{237}$ od $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$, $\frac{18}{19}$, $\frac{28}{29}$, $\frac{57}{58}$ circa. Il che mostra che un rivestimento di 10 piedi, secondo il profilo generale, può sopportare una spinta doppia di quella che naturalmente sostiene; che quello di 20 piedi ha una resistenza maggiore d'un quarto della necessaria per l'equilibrio; che quello di 30 ha una resistenza maggior solo d'un'ottava, quello di 40 d'una diciannovesima, quello di 50 d'una ventunesima, e quello di 60 d'una cinquantottesima parte della necessaria per l'equilibrio.

Siccome i rapporti precedenti furon dedotti con incontrastabili regole, non può revocarsi in dubbio che nel profilo generale la resistenza dei rivestimenti non diminuisca in ragion diretta della loro altezza, giacchè, mentre il profilo di 10 piedi può sopportare una spinta doppia di quella che naturalmente sostiene, quello di 60 ha una resistenza solo maggiore di una cinquantottesima parte della necessaria per l'equilibrio, il che stabilendo una piccolissima differenza, può riguardarsi tale rivestimento in equilibrio con la spinta delle terre. Così in quelli che hanno una altezza maggiore, è a presumersi che seguendo le proporzioni del profilo generale la spinta diverrebbe maggiore della resistenza, quando invece bisognerebbe che il rivestimento fosse sempre capace di resistere con una forza maggior della spinta, per non avere nulla a temere dai danni che possono provenire, sia per parte delle pioggie, che devono coll'andar del tempo aumentare considerevolmente la spinta delle terre, sia per le scosse, prodotte dal cannone adoperato sul bastione o da altra cagione che potrebbe far accadere il rovesciamento di qualche faccia d'opera.

Inoltre quand' anche tutto ciò non accadesse, v' ha un' altra ragione per dare a questi rivestimenti una resistenza maggiore della spinta: ed è che in tempo d'assedio, quando un'opera è battuta in breccia, la violenza del cannone deve necessariamente produrre un gran movimento nelle parti della muratura e nelle terre che potrebbe accelerare l'avanzamento della breccia, se la resistenza del rivestimento trovandosi minore della spinta, come suppongo, questo avesse maggior tendenza a rovesciarsi. Si dirà forse che è un voler esaminar le cose troppo fisicamente, ma in siffatte materie bisogna aver riguardo a tutto.

Si osservi ancora che se invece di dare 5 piedi di grossezza alla sommità le si assegnassero solamente 4 piedi e mezzo nei luoghi ove la muratura è assai buona, come ho detto nel primo articolo della spiegazione del sig. Vauban, dovrebbesi allora temere della poca resistenza dei rivestimenti di 40, 50, 60 e 70 piedi d'altezza, giacchè si troverebbe minore della spinta delle terre. Avvegnacchè, la aderenza deve supporsi qui la maggiore possibile, e devesi solo tener conto del peso e della lunghezza del braccio di leva che corrisponde alla base del muro, il che farebbe supporre che il sig. di Vauban non siasi preso carico di tale considerazione (9).

(9) V. le Note del Navier.

Ad onta però delle mie precedenti osservazioni, non considero già sì difettoso il profilo generale da non potersene servire; l'esperienza che prova il contrario, non parlerebbe in mio favore. Vorrei solamente che non si desse tanta grossezza alla sommità dei piccoli rivestimenti, e che per maggior sicurezza se ne assegnasse una maggiore a quella dei più elevati, e non vedo la necessità di dare cinque piedi alla sommità di quello che ne ha dieci d'altezza, come se ne avesse 80. Se ben si osservi, di là appunto nasce il difetto del profilo generale: imperocchè siccome le proporzioni di tutte le parti di ciascun rivestimento aumentano o diminuiscono nello stesso rapporto secondo che è maggiore o minore l'elevazione, affinchè la resistenza sia sempre proporzionale alla spinta, non v'ha dubbio che una delle dimensioni del profilo essendo costante, come nel nostro caso quella della sommità, (fig. 41) la spinta delle terre non sia minore della resistenza dei piccoli rivestimenti, e non divenga maggiore di quella dei più grandi. Bisogna dunque che il braccio di leva LE (fig. 42) aumenti nella ragione dell'altezza AB, perchè sussista la proporzione, la quale sarà interrotta tutte le volte che le linee BD, AC, conservando la lunghezza costante di 5 piedi, le AB, BG, DE, aumenteranno o diminuiranno.

Ora per sapere di quanto bisognerebbe aumentare la grossezza della sommità dei grandi rivestimenti, e diminuire quella dei piccoli, per ben proporzionarli alla spinta delle terre, e rendere regolare il profilo generale, prenderemo per esempio quello della fig. 42; diremo $GB = h$; $KB = g$, $BD = y$: si avrà $KE = g + y + d$; e $ch\frac{p}{q}$ sarà il valore dei contrafforti riunito intorno al centro di gravità K, valore che moltiplicato pel braccio di leva KE darà $\frac{p}{q}\,ch\,(g + y + d)$ per prodotto. Così moltiplicato il peso $Q = cy$ per $LE = \frac{1}{2}y + d$, ed il peso $R = \frac{1}{2}cd$ per $ME = \frac{2}{3}d$, e sommati insieme questi tre pesi la somma sarà eguale al prodotto della potenza bf pel suo braccio di leva; il che dà

$$\frac{phg + phy + phd}{q} + \frac{1}{2}y^2 + dy + \frac{1}{3}d^2 = bf,$$

e supposto $n = \frac{ph}{q} + d$ si avrà

$$\frac{phg + phd}{q} + \frac{1}{3}d^2 + \frac{1}{2}y^2 + ny = bf \text{ ossia } y^2 + 2ny = 2bf - \frac{2}{3}d^2 - \frac{2ph}{q}(g - d),$$

e quindi

$$y = -n \pm \sqrt{\left\{n^2 + 2bf - \frac{2}{3}d^2 - \frac{2ph}{q}(g - d)\right\}}$$

equazione che converrà ad ogni qualunque rivestimento del profilo generale, dati alle lettere i loro particolari valori.

Servendoci di questa espressione per conoscere quale grossezza bisognerà dare alla sommità d'un rivestimento di 40 piedi d'altezza, dedotto dal profilo generale, perchè questo rivestimento superi la spinta delle terre, di quella quantità che si vorrà, per esempio d'una sesta parte della stessa spinta, il che deve bastare come si vedrà in seguito, bi-

sogna cercare nella terza colonna delle potenze il valore di quella che esprime la spinta delle terre del parapetto e dello spalto di 40 piedi: si troverà ch'ella è di 117 piedi, 8 pollici, di cui la sesta parte è 19 piedi, 7 pollici e 4 linee che sommate col valore della potenza istessa daranno 137 piedi, 3 pollici e 4 linee pel valore di bf, e quindi subito $2bf = 274$ piedi, 6 pollici ed 8 linee. Per aver quindi il valore delle quantità positive, si noti che i contrafforti per 40 piedi, nella tavola del profilo generale, hanno 6 piedi di radice, e 4 di coda, e che per conseguenza la grossezza media 5 è il valore di p; siccome poi la distanza da una metà all'altra d'un contrafforto è sempre 18 piedi, si avrà in tal caso $\frac{p}{q} = \frac{5}{18}$ e quindi sarà $n = 10$ piedi, 9 pollici e 4 linee; e cercando il valore delle quantità $-\frac{2}{3}d^2 - \frac{2ph}{q}(g - d)$ si troverà che la somma è 113 piedi e 4 linee che sottratta dai valori di $2bf + n^2$ dà 277 piedi, 8 pollici e 3 linee; estratta ora la radice e sottrattovi il valore di n, si troverà espressa da 5 piedi, 11 pollici e 5 linee la grossezza da assegnarsi alla sommità del rivestimento di 40 piedi del profilo generale, perchè la resistenza sia maggiore della spinta delle terre d'una sesta parte della forza di questa spinta.

Ed eseguendo le stesse operazioni relativamente al valore dei termini della formola generale, si troverà che la grossezza alla sommità pel rivestimento di 10 piedi deve essere di 3 piedi, 5 pollici e 4 linee; per quello di 20, di 4 piedi, 8 pollici e 9 linee, per quello di 30 di 5 piedi, 5 pollici e 9 linee, per quello di 50 di 6 piedi, 2 pollici e 10 linee, e per quello di 60 di 6 piedi, 8 pollici e 10 linee. Persuaso, e l'ho provato, che la maggior parte dei rivestimenti del profilo generale non sarebbero capaci di tutta la resistenza che sembrerebbe essere loro necessaria per sopportare la spinta delle terre e tutte le scosse che possono sopravvenire, desterà certo sorpresa che tutti quelli che si sono costruiti si mantengano da lungo tempo in buono stato, senza che sia ad essi accaduto alcun sinistro, la quale cosa sembra annientare i miei ragionamenti, benchè dimostrati. Nondimeno ognun s'avvedrà di leggieri che la cosa non può essere altrimenti, se si noti che tre ne sono le ragioni: la prima è che i rivestimenti che si fanno d'ordinario alle fortificazioni oltrepassano di rado i 35 o 40 piedi, e che a tale altezza la resistenza è ancor molto maggiore della spinta, come abbiamo veduto; la seconda che le terre non puntano mai come lo potrebbero, giacchè quando si innalzano i bastioni si circondano con letti di fascinate in modo ch'esse si sostengano quasi da sè medesime; la terza che il piede del rivestimento è ben unito coi fondamenti, i quali essendo interrati non possono facilmente inclinarsi dalla parte della fossa, quand'anche la resistenza del rivestimento fosse minore della necessaria per l'equilibrio. Aggiungasi che la sommità dei contrafforti essendo coperti da cinque o sei piedi di terra che compongono il parapetto, queste producon l'effetto d'una potenza che ragguaglia in parte lo sforzo di parecchie altre potenze che tenderebbero a rovesciare il rivestimento, ed ecco la ragione per la quale ho detto altrove che basterà rendere il rivestimento capace di sopportare una spinta maggiore d'una sesta parte di quella operata dalle terre innalzate di die-

tro. Perchè finalmente le terre del parapetto opereranno con tanta maggior forza sui contrafforti per rattenerli, quanto più i contrafforti saranno lunghi: così quanto più i rivestimenti saranno elevati e maggiori ostacoli in questo senso troveranno a piegarsi. Nel solo caso in cui fossero sciolte le terre del parapetto quando si batte la breccia, vi sarebbe un po' da temere, perchè la parte superiore dei contrafforti non essendo più rattenuta, il rivestimento potrebbe crollare se la resistenza fosse al disotto dell' equilibrio. Quando dico che la cosa potrebbe in tal modo succedere se le terre del parapetto cessassero di poggiare su i contrafforti, voglio parlare di que' rivestimenti molto approfonditi nel terreno e dei quali l'assediante può battere soltanto la sommità delle opere senza poterne scoprire il rimanente.

Siccome i rivestimenti di 30 o 35 piedi d' altezza hanno sempre ben servito al loro scopo, assegnando ad essi soli 5 piedi di grossezza alla sommità, pare che il miglior partito per valersi con tutta sicurezza del profilo generale, senza essere costretti a fare tutti i calcoli da me eseguiti, sia di dare 4 piedi di grossezza alla sommità del rivestimento di 10 piedi, 4 e mezzo a quello di 20, 5 a quello di 30, 5 e mezzo a quello di 40, e così degli altri dei quali si aumenterà la grossezza sempre di 6 pollici a misura che l' altezza crescerà di dieci piedi: e quanto alle altre dimensioni si determineranno come sono notate nella tavola del profilo generale, ed allora sarà tutto ben proporzionato e quasi conforme a quanto possono fornire le più esatte regole. È vero che la grossezza della sommità del rivestimento di 10 piedi sarà un po' maggiore di quello che dovrebb' essere; ma questo rivestimento reggerà però molto più a lungo ai colpi del cannone. Quanto ho detto giova non solo a far conoscere ciò che può dirsi pro e contro del profilo generale, ma ancora a porre i pratici in istato d' esaminar le cose con precisione, e con norme conducenti alla verità, e i principii delle quali possono servire ad una quantità d' altri soggetti che possono avervi rapporto.

È però quand' anche si rimanesse nell' avviso di servirsi del profilo generale tal qual è, senza farvi alcun cambiamento, questa dissertazione non sarebbe meno utile. Il perchè non pare si abbia ragione di appormi ch'io scriva cose superflue, imperocchè le matematiche presentano sempre questo vantaggio, che se qualche volta sono applicate ad argomenti di piccol conto, diventano però sempre necessarie pel nuovo punto di vista sotto cui furono presi in considerazione gli stessi argomenti; e un tale esercizio di mente io cerco soprattutto persuadere a coloro che vogliono fondatamente istruirsi, e farsi atti a giudicare con chiarezza e profondità di quanto vien loro posto sotto occhio (10) (*a*).

(10) V. le Note del Navier.

(*a*) L' autore che scioglie sempre scrupolosamente a minutamente tutte le equazioni di secondo grado date dai diversi problemi per noi risoluti, presenta qui una non breve teorica su le stesse equazioni e rende ragione dei passaggi e delle operazioni che conducono poi a trovare l'incognita eguale alla metà del coefficiente totale del secondo termine col segno cangiato, più o meno la radice quadrata del quadrato di questa metà, aggiuntavi la quantità tutta cognita pure col segno cangiato. Sembrando a noi tali schiarimenti per lo meno inopportuni, abbiamo creduto bene l' ometterli. *N. degli E.*



LIBRO SECONDO



MECCANICA DELLE VÔLTE E MODO DI DETERMINARE LA GROSSEZZA DE' LORO PIEDRITTI.

Ben inteso ciò che si è detto nel libro precedente, si concederà di leggieri, esservi un metodo per considerare quanto spetta all' architettura, col quale si è certi di non metter piede in fallo allorchè si faccia buon uso delle nozioni acquistate collo studio delle matematiche. I principj per noi esposti sono di tanta fecondità, da potersi applicare a qualunque argomento, segnatamente quelli della meccanica. Indarno ne si vorrebbe far credere che la pratica abbandonata a sè stessa possa condurre ad esatti risultamenti; l' esperienza prova bene spesso il contrario, e mostrerò un esempio al proposito delle vôlte, che sarà forse opportuno a far comprendere quanto sia importante il non seguire alla cieca i principii che non hanno altra autorità fuor quella dell' uso. Ma prima di tutto è necessario mostrare come succede la spinta delle vôlte, per vedere se i dettati teoretici possano corrispondere ai pratici fatti.

Sarò costretto di valermi ancora dell' algebra, parlando delle vôlte, e però tutti quelli che di quest' arte sono piuttosto digiuni, non me ne avranno certo buon grado: in compenso però troveranno nel quarto libro alcuni metodi generali per trovare la grossezza dei piedritti d' ogni specie di vôlte, senza alcun calcolo algebraico ma col solo numerico, ed a tal patto, spero, mi perdoneranno se adesso dovran durar per intendermi qualche fatica.



CAPITOLO PRIMO

Della spinta delle vôlte.

§ 1. Se si considera la vôlta YAZ, (fig. 43) composta di pietre tutte eguali, si sa che se questa vôlta è semicircolare, o di tutto sesto, esse pietre son tagliate e disposte in maniera che i loro lati o letti prolungati s' incontrano tutti nel centro della vôlta: queste pietre essendo più larghe in

cima che in fondo, devono considerarsi come cunei troncati che s'appoggiano e sostengonsi gli uni con gli altri, e resistono mutuamente allo sforzo del loro peso che tende a tirarli in basso, perchè noi supponiamo qui, per meglio conoscere l'effetto dei cunei, che non siano collegati da verun glutine, e possano liberamente scorrere gli uni su gli altri come se le loro faece fossero levigate.

Noi supporremo ancora che i punti O, A, D, F, ec. indichino i centri di gravità dei cunei, e che cominciando dal cuneo di mezzo, che dicesi *chiave*, siasi tirata dai punti A ed O una linea AV, perpendicolare alla faccia C; che dai punti A e D se ne sia tirata un'altra AP su la faccia B; dai punti D ed F un'altra DQ su la faccia E, e così sino ad averne tante quanti sono i cunei. Ciò posto la chiave essendo sostenuta da due cunei vicini, come da piani inclinati, produce lo stesso effetto d'un cuneo conficcato entro un corpo, contro cui esercita i suoi sforzi secondo le direzioni AB ed AC, perpendicolari ai piani inclinati BI e CI; perchè può qui prendersi il peso del cuneo per la potenza che lo spinge; e le due potenze le quali farm sì che le pietre adjacenti reagiscano nella chiave agiranno secondo le linee AP ed AV perpendicolari alle facce BI, CI; e siccome queste direzioni si incontrano al centro di gravità A, ove si può supporre raccolto il peso del cuneo, può dirsi che queste potenze avranno bisogno di tanto maggiore sforzo quanto più ottusi saranno gli angoli PAI, e VAI, ovvero, ciò che torna lo stesso, quanto meno i lati BI e CI saranno inclinati verso la verticale AI; perchè se questa inclinazione fosse infinitamente piccola, vale a dire quasi perpendicolare all'orizzonte, le direzioni delle potenze P e V, trovandosi direttamente opposte, dovrebbero esercitare la massima forza per sostenere il peso A, equivalente al cuneo; mentre che quanto più gli angoli che formeranno colla verticale AI saranno acuti, tanto minor forza abbisognerà, non essendo sì contrarie ed opposte le direzioni fra loro.

Quello che si è detto intorno alla chiave, può applicarsi ai cunei D ed O; perchè il cuneo D, per esempio, tenderà ad allontanare i circonvicini; ma non con tanta forza sul fianco E, quanta n'esercita la chiave sul fianco B, perchè essendo il piano EI più inclinato del piano BI, rispetto alla verticale AI, l'angolo QDK formato dalla linea di direzione DK, e dalla linea di direzione DQ, della potenza che sarebbe in equilibrio collo sforzo che fa il cuneo D sul fianco E, è più acuto dell'angolo PAI. Nella stessa maniera il cuneo F farà minor sforzo contro il fianco G, che il precedente contro il fianco E, perchè l'angolo RFL è più acuto dell'angolo QDK. Dunque diminuendosi sempre più essi angoli dalla chiave sino al piedritto, i cunei componenti si appoggiano l'uno sopra l'altro con forza la quale va sempre diminuendo dalla chiave sino al piedritto.

Inoltre, siccome il cuneo D, agisce nel medesimo tempo su i due fianchi E e B, si comprende che non può appoggiarsi sul fianco B, senza opporsi in parte allo sforzo che esercita la chiave contro questo medesimo fianco, onde deve accadere una elisione di forze tra la chiave e il cuneo D. Così i due cunei F e D agendo in un senso opposto, rispetto al fianco E, succederà ancora una elisione di forze tra i due cunei, e lo stesso dicasi degli altri cunei presi due a due. È però vero che,

siccome la chiave spinge sul fianco B con maggior forza di quella esercitata dal cuneo D per reagire, l'elisione delle forze non sarà totale; ma ne resterà sempre alla chiave una porzione, che sarà però minore di quella che avrebbe avuto se il cuneo D non producesse alcun effetto sul fianco B; così pure benchè sul cuneo D reagisca l'altro F, resterà ancora al primo una certa quantità di forza. In generale dunque può dirsi che un cuneo il quale sta al di sopra dell'altro, ha più forza per ispingere l'inferiore che questo non ha per respingerlo; e siccome i cunei della chiave al pulvino, impiegano sempre una minor parte del loro peso su quelli che stanno immediatamente al disotto, lo sforzo che ciascun cuneo opera sul superiore, va sempre diminuendo a misura che i piani EI ed IG sono meno inclinati all'orizzonte, perchè allora questi piani sopportano un peso maggiore. Per conseguenza quello che tende a sdrucciolare opera minor effetto contro la forza che tende a resistergli, sì che può dirsi che lo sforzo fatto da tutti i cunei dal basso all'alto va sempre diminuendosi dalla chiave sino al piedritto, nello stesso rapporto dello sforzo operato dall'alto al basso.

Il risultamento degli sforzi che le pietre fanno a dritta ed a sinistra della chiave per vincere gli ostacoli che loro si oppongono, cioè i piedritti, chiamasi *spinta*; che però non agisce precisamente, come ho indicato, perchè non sembra possibile che tutti i cunei che compongono una vôlta possano reggersi da sè stessi senza cemento. Giacchè qualora i cunei superiori esercitino una spinta maggiore della reazione degli inferiori, è chiaro che quelli che avranno minor forza dovranno innalzarsi; per la qual cosa quelli al di sopra essendo in libertà di cadere, tutto l'ordine de' cunei sarà scompaginato, e la vôlta cadrà distrutta; che se la spinta de' cunei fosse eguale, come si otterrebbe aumentando sempre il loro peso dalla chiave verso i piedritti, affinchè ognun d'essi potesse, pel proprio peso, presentare una resistenza tanto maggiore quanto più il piano sul quale è appoggiato è meno inclinato rispetto al superiore, in tal caso la vôlta starebbe in equilibrio indipendentemente dall'attrito dei cunei, e dalla tenacità dei cementi interposti. Ora perchè una vôlta a tutto sesto possa sostenersi senza cemento, è necessario considerare la tendenza che i cunei hanno ad agire e non già i loro sforzi effettivi.

Siccome deve esservi su la base di ciascun piedritto un punto in cui termini la spinta che fanno le parti componenti la vôlta tanto a destra quanto a sinistra, si noti che questi punti corrispondon necessariamente agli angoli S ed X, che si possono riguardare quali punti d'appoggio appartenenti ad una leva, come ora vedremo.

Se lo sforzo d'una vôlta non fosse ripartito per tutta la lunghezza dei quadranti AY, AZ del semicircolo, ma si trovasse tutta riunita nei due punti Y e Z, è certo che si avrebbe da una parte e dall'altra una leva ricurva YSH ed ZXM, in cui le potenze sarebbero applicate alle estremità Y e Z dei bracci SY e ZX, ed i pesi equivalenti alla resistenza dei piedritti alle estremità H ed M dei bracci SH ed XM. Ma siccome vi sono tante potenze quanti sono i cunei, eccettuati i due Y e Z che non esercitano spinta, ne siegue che ciascuna potenza avrà la sua leva particolare, la quale si potrà esprimere con una linea presa in sua vece. Ora siccome queste linee non possono essere altro che le perpendicolari

SP, SQ, SR ec. calate dal punto d'appoggio S sulle direzioni delle potenze che sosterrebbero i cunei, vedesi chiaramente a che si riduce tutto il meccanismo delle vôlte, sicchè per assegnare ai piedritti una grossezza proporzionata alla spinta totale d'una vôlta conviene trovare la spinta particolare di ciascun cuneo rispetto al suo peso assoluto e le perpendicolari SP, SQ, SR, ec. (11).

Da quanto finora si è detto si possono tirare parecchie conseguenze. La prima, che in una vôlta, in cui si è, come qui, supposto che i cunei componenti non sieno legati da alcun cemento, quanto più la testa dei medesimi sarà piccola, tanto più la spinta della vôlta sarà maggiore; giacchè per la teoria appunto dei cunei, avranno tanta maggior forza quanto più acuto sarà l'angolo formato dal prolungamento delle loro facce; e le perpendicolari SP, SQ, SR, ec. che corrispondono alle potenze che sostengono i primi cunei, diventando maggiori di mano in mano che i fianchi dei cunei saranno meno inclinati alla verticale AI, la lunghezza de' bracci di leva sarà aumentata, e la vôlta acquisterà spinta maggiore (12).

La seconda, che più la vôlta sarà grossa, tanto maggiore sarà la sua sua spinta, perchè divenendo i cunei più lunghi, e perciò più pesanti, acquisteranno forza maggiore (13).

La terza, che a misura che i piedritti reggenti una vôlta cresceranno in altezza, si dovrà loro assegnare una grossezza maggiore per sopportare la spinta; perchè non potendosi aumentare l'altezza dei piedritti, senza far maggiori le perpendicolari SP, SQ, ne nasce che i bracci di leva che corrispondono alle potenze o allo sforzo di ciascun cuneo, trovandosi aumentati, la vôlta avrà maggior forza per rovesciare i piedritti.

A quanto abbiam detto, benchè per sè stesso evidente, non hanno badato gli architetti che hanno trattato delle vôlte, e difatto ecco le parole del sig. Blondel nel suo corso d'architettura, il primo che mi sia venuto sott'occhio. « Bisogna, dice egli, assegnare la grossezza ai piedritti che sostengono una vôlta, a norma della differenza delle spinte, ed eccone il metodo pratico.

« Diviso l'arco ACDB (fig. 47, 48 e 51) in tre parti eguali, AC, CD, DB, condotta DB e prolungata in E, in modo che sia DB = BE, abbassata dal punto E una perpendicolare sulla AB prolungata, e condotta la FB parallela a GE, queste determineranno la grossezza del piedritto che sarà proporzionata alla spinta dell'arco dato ».

Ognun vede che in questa regola non si è tenuto conto nè della grossezza della volta, nè della altezza dei piedritti, circostanze che devonsi prendere in considerazione a norma di quanto s'è detto.

LEMMA.

Tre potenze P, Q, R (fig. 44), che tirano o spingono tutt'a tre insieme intorno ad un punto A, secondo le AP, AQ ed AR, saranno in equilibrio tra loro, se formato il parallelogrammo ABCD, la potenza P, sarà espressa da AB, la Q da AD, e la R dalla diagonale CA o sia se cia-

(11) V. le Note del Navier.
(12) Idem.
(13) Idem.

scuna potenza verrà espressa da uno dei lati del triangolo A B C, essendo B C = A D. Ciò posto se ne può dedurre la seguente proposizione fondamentale.

§ 2. Tre potenze P, Q, R, che tirano o spingono tutt' a tre insieme intorno al punto A, dico che saranno in equilibrio, se la forza con cui ciascuna potenza agisce, sarà espressa da uno dei lati del triangolo E F G, che tagli ad angolo retto la linea di direzione di ciascuna potenza.

Di fatto se la linea A O è perpendicolare ad E F, e la C T alla E G, come abbiamo supposto, i due triangoli A O F ed F T E saranno simili, e quindi l'angolo E sarà eguale all'angolo O A F. Così il triangolo F A S, essendo simile al triangolo F G T, sarà l'angolo G = F A S, e siccome quest'ultimo è altresì eguale all'angolo alterno B C A, sarà il triangolo A B C simile al triangolo E F G; quindi i tre lati del gran triangolo potranno essere sostituiti a quelli del piccolo, ed esprimere quindi il rapporto di ciascuna potenza di cui essi tagliano la linea di direzione ad angoli retti; ma le tre potenze erano in equilibrio quando il loro rapporto era espresso dai lati del triangolo A B C, lo saranno dunque anche quando sarà espresso dai lati del triangolo E F G.

COROLLARIO I.

§ 3. Si conoscerà sempre il rapporto che hanno tra loro tre potenze, P, Q ed R equilibrate intorno ad un punto H, tagliando ad angolo retto ciascuna linea di direzione con un'altra condotta dallo stesso punto H; perchè prolungate le tre linee sino al loro incontro ne nascerà il triangolo I K L, i cui lati esprimeranno il rapporto delle potenze, cioè supposto che la potenza P sia espressa da I K, le Q ed R lo saranno rispettivamente dalle K L ed I L.

COROLLARIO II.

§ 4. Dati i lati del triangolo I K L, e una delle tre potenze si possono conoscere le altre. Perchè se per esempio, essendo nota la potenza P, si voglia conoscere la Q si dedurrà il suo valore dalla proporzione K I : K L :: P : Q; così dicasi della R.

COROLLARIO III.

§ 5. Siccome nei triangoli i seni stanno tra loro come i lati opposti, si può aggiungere che dato il triangolo I K L i cui lati sono nello stesso rapporto delle potenze P, Q, R, se non si conoscono i lati basterà conoscere il valore degli angoli opposti, perchè potendo i seni di questi angoli prendersi per i lati medesimi, esprimeranno più esattamente il rapporto in numeri e quindi le potenze, sicchè data la potenza Q, e gli angoli I, K, L si troveranno le due altre potenze P, Z, valendosi delle tavole trigonometriche.

COROLLARIO IV.

§ 6. Date tre potenze due delle quali prese insieme sieno maggiori della terza, conosciuto il rapporto di queste tre potenze potrà determinarsi secondo qual direzione ciascuna di esse debba tirare o spingere, perchè agendo tutt'insieme intorno ad un punto, esse siano in equilibrio; perciò prese tre linee che abbiano tra loro lo stesso rapporto delle tre potenze

date, se ne formerà un triangolo; e quindi da un punto qualunque preso dentro il triangolo, abbassate le perpendicolari sui lati, queste determineranno le direzioni, o, ciò che è lo stesso, gli angoli che le potenze devono formare tra loro.

OSSERVAZIONE I.

§ 7. Non è necessario che le tre potenze P, Q, R tirino o spingano tutte tre insieme il punto H, perchè siano in equilibrio: ve ne possono essere due che tirino, e un'altra che lo spinga in senso contrario.

OSSERVAZIONE II.

§ 8. E parimente non è necessario che i lati del triangolo determinanti il rapporto delle potenze, siano tagliati dalle linee di direzione di queste potenze, nè che il punto ove queste potenze concorrono cada nel triangolo: basta che i lati prolungati del triangolo sieno tagliati ad angoli retti. Se per esempio i lati del triangolo M K N (fig. 45) sono disposti in modo che qualcuno di essi come, K M e K N prolungati verso I e verso L, taglino le direzioni H P ed H Q ad angoli retti, e che la direzione R H prolungata verso O, tagli pure ad angoli retti il lato M N, dico che i lati del triangolo M K N, determineranno egualmente il rapporto delle potenze, benchè il punto H non sia nel triangolo: poichè giusta quanto abbiamo supposto le I L, M N essendo tagliate ad angolo retto da O R son parallele; e quindi il triangolo M K N sarà simile ad I K L; se quindi i lati di quest'ultimo esprimono il rapporto delle tre potenze P, Q, R, quelli di M K N esprimeranno ugualmente lo stesso rapporto. Dunque al triangolo grande potrà sostituirsi il più piccolo.

OSSERVAZIONE III.

§ 9. Dato un corpo F (fig. 46) su di un piano inclinato B C è certo che questo corpo sdrucciolerà dal piano a meno che una potenza Q non lo sostenga. Volendosi in tal caso conoscere il rapporto tra la potenza ed il peso, bisognerà considerar tre forze invece di una. La prima sarà il peso assoluto del corpo, che tende al centro della terra secondo una direzione F G, che passando pel suo centro di gravità è perpendicolare all'orizzonte; la seconda sarà lo sforzo esercitato dal corpo sul piano, e prolungata la linea F D sino in R potrà prendersi la D R come la direzione d'una potenza che spinge da P in D, per fare equilibrio allo sforzo esercitato sul piano inclinato. La terza sarà la potenza Q che impedisce al corpo di cadere. Ciò posto, se prolungata la linea di direzione G F del peso sino in O, si taglierà con la H I ad angoli retti, e così la linea di direzione F Q con la I K, si avrà il triangolo H I K, di cui il lato H K esprimerà la potenza P, poichè esso taglia ad angoli retti la linea di direzione R F, il lato H I esprimerà il peso assoluto del grave F, ed il lato I K la potenza Q, nel caso in cui tutto sarà in equilibrio.

Quindi può dirsi che il peso assoluto del corpo posto sul piano inclinato sta alla potenza P, come H I sta ad I K. D'altra parte il peso assoluto del corpo sta alla potenza Q ed allo sforzo sopportato dal piano inclinato, o alla potenza P, come H I sta ad H K. Così conosciuto il peso F, ed i seni degli angoli del triangolo H I K, si conoscerà lo sforzo che fanno le due potenze P e Q.

CAPITOLO SECONDO

Della grossezza necessaria ai piedritti delle vôlte a tutto sesto, perchè colla loro resistenza facciano equilibrio alla spinta delle terre che debbono sopportare.

§ 10. Dovendosi necessariamente adoperare un cemento nella costruzione della muratura, ed in singolar modo in quella delle vôlte per unir le pietre, può farsi a meno di calcolare la spinta d'ogni cuneo in particolare, e basterà considerarne un certo numero come formante un sol cuneo, per evitare una soverchia lunghezza di calcolo. Perchè i soggetti pratici debbono essere considerati come si presentano all'atto dell'esecuzione, anzi che quali l'immaginazione ne li raffigura. Si osserva, per esempio che quando i piedritti d'una vôlta sono troppo deboli, per sostenerne la spinta, si fendono ai *reni* cioè tra l'*imposta* e la *chiave*. Così data una vôlta B D I a tutto sesto, (fig. 49) i cui quadranti B D e D I sian divisi per metà in C ed in H, l'esperienza insegna che la vôlta si fende ai reni F C ed H*f*, quando la sua spinta è maggiore della resistenza dei piedritti (14). Ora se una vôlta si manifesta più debole verso i reni, è naturale il supporre che là si eserciti tutta la spinta, e il considerare le due parti della vôlta C G e C E (che chiameremo *cunei*), come formate ciascuna di una sola pietra, e la C E perfettamente collegata col suo piedritto B P, e l'altra C G operante come un cuneo introdotto fra i piani F A e G A per separarli; oppure si potrà considerare tutta la parte superiore C G H della vôlta, come una pietra tutta d'un pezzo in forma di cuneo, la quale si sforza di allontanare, e di rovesciare i suoi due appoggi laterali, che sono i piedritti uniti al quadrante della vôlta compreso tra la imposta e i reni da ciascuna parte, onde i quadranti E C, I L si considerano come due altri cunei, ciascuno d'un sol pezzo; e basterà allora per calcolare questa spinta considerare la sola metà d'una vôlta dal punto P sino a D G, poichè lo stesso si potrà dire per l'altra metà.

Considerando il cuneo superiore F D, come non avente alcun cemento che lo unisca col resto della muratura, la sua spinta rispetto al punto P sarà la maggiore possibile, poichè in una volta i cunei non agiscono mai con quella forza colla quale agirebbero se le loro facce fossero estremamente polite, senza trovare ostacolo nel cemento o nell'attrito; volendo quindi proporzionare la resistenza del piedritto P B a questa massima spinta si darà alla potenza resistente una forza un po' maggiore di quella che le sarebbe necessaria per sopportare lo sforzo del cuneo D F nel caso, in cui fosse unito col resto della vôlta.

Tale supposto tendendo a render maggiore la fermezza dei piedritti, ne nasce che trattando la quistione colle leggi della più rigida teorica, si ottiene tutto quel vantaggio che può desiderarsi nella pratica.

(14) V. le Note del Navier.

Ciò posto condotta una perpendicolare L O su la metà della faccia F C, questa perpendicolare esprimerà la direzione della potenza che sopporterà lo sforzo esercitato dal cuneo F D sul piano inclinato F A (§ 1) (a). Così la perpendicolare H W condotta dal punto di mezzo della faccia G D esprimerà lo sforzo esercitato dal cuneo contro il piano verticale G A. Finalmente se dal punto X, centro di gravità di F D, si abbassa la verticale X Y, questa esprimerà la direzione secondo la quale questo cuneo tende al centro della terra (§ 9). Noi abbiamo quindi tre potenze che nello stato di equilibrio saranno espresse dai tre lati del triangolo rettangolo A L K: (§ 2 e 3) perchè il lato L K cadendo ad angolo retto sulla direzione X Y esprimerà il peso assoluto del cuneo F D; come il lato L A, essendo perpendicolare ad L O, direzione della potenza O, esprimerà la forza di questa potenza per sopportare la spinta su la faccia F C; finalmente la direzione H W della potenza W essendo perpendicolare a G A, il lato K A esprimerà lo sforzo di tale potenza. Ma non entrando questa nel calcolo, la trascureremo e terremo conto soltanto della potenza O, il cui braccio di leva sarà espresso dalla perpendicolare P O condotta dal punto d'appoggio P su la direzione L O. Ciò ben compreso, non offriranno difficoltà di sorta le proposizioni che tratteremo in questo capitolo.

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

Trovar la grossezza da darsi ai piedritti delle vôlte a tutto sesto, perchè la loro resistenza faccia equilibrio colla spinta che debbono sopportare.

§ 11. Condotta dal punto L (fig. 49) metà di F C, la L K parallela a Z A, prolungata P Z sino in M, ed abbassata la perpendicolare L V su la A B, diremo $LK = KA = a$, $LA = b$, $BV = c$, $ZP = d$, ZB o $PS = y$; così sarà $ML = MN = y + c$, $MP = a + d$, e quindi supposto $a + d - c = f$, $NP = f - y$. La superficie di ciascun cuneo C G e C E la diremo n^2. Finalmente, se dal centro di gravità Q del cuneo C E, si abbassi la perpendicolare Q R su la base P S, e si dica $RS = g$, sarà $PR = y - g$.

Ciò posto si cerchi prima di tutto l'espressione del braccio di leva P O. A tal fine, essendo i triangoli L K A ed N O P simili, si avrà:

$$b : a :: f - y : \frac{a}{b}(f - y).$$

Si osservi inoltre che il peso assoluto del cuneo F D sta allo sforzo sopportato dal fianco F C, o alla forza O, come la L K sta alla L A (§ 4), cioè $a : b :: n^2 : \frac{bn^2}{a}$, e moltiplicando $\frac{bn^2}{a}$, espressione della forza O pel suo braccio di leva P O, si avrà $n^2(f - y)$ pel momento della spinta della vôlta rispetto al fulcro P. E volendo che questa spinta faccia equilibrio colla resistenza del piedritto unito al cuneo E C, bisognerà molti-

(a) Essendo quest'opera divisa in Libri, e ciascun Libro in articoli, e questi numerati con particolar serie, si ritenga qui per sempre a scanso di equivoci, che i numeri citati nel decorso di un libro, senza che altro vi s'aggiunga, richiamano paragrafi del libro stesso in cui sono citati, perchè occorrendo di rimandare ad altri, lo si dichiarerà.

plicare la superficie del rettangolo P B che è dy pel braccio di leva P T $= \frac{1}{2} y$, per avere $\frac{1}{2} dy^2$; e quanto al cuneo E C, la cui linea di direzione Q R, condotta dal centro di gravità perpendicolarmente su la P S, dà il braccio di leva corrispondente $PR = y - g$, bisogna moltiplicare n^2 per $y - g$, il prodotto sommato con $\frac{1}{2} dy^2$, darà una espressione eguale al momento della resistenza; si avrà dunque l'equazione d'equilibrio

$$fn^2 - n^2 y = \frac{1}{2} dy^2 + n^2 (y - g),\ \text{e quindi}$$

$$y = -\frac{2n^2}{d} \pm \sqrt{\left\{ \frac{2n^2}{d} \left(f + g + \frac{2n^2}{d} \right) \right\}}.$$

APPLICAZIONE

Supposto il raggio A C di 12 piedi; A E, di 15, sarà di 3 la grossezza della volta: e sarà $b = 13$ piedi, 6 pollici; $a = 9$ piedi, 10 pollici; $c = 2$ piedi e 2 pollici; supporremo pure che sia $d = 15$ piedi e $g = 1$ piede. Così sottratta la superficie del circolo di raggio A C, da quella di raggio A E, e presa l'ottava parte della differenza si troverà $n^2 = 31$ piedi, 9 pollici ed 8 linee e sostituiti nell'equazione trovata tutti questi valori si avrà $y = 6$ piedi, 6 pollici e 6 linee.

E qui si osservi che la grossezza trovata non è quella da assegnarsi alle vòlte che abbiano le supposte dimensioni; ma si aumenterà d'un cinque o sei pollici questa grossezza, o vi si porranno i contrafforti, giacchè come abbiam più volte notato nel libro precedente, bisogna sempre operare in modo che la resistenza sia d'alcun che maggiore della potenza.

OSSERVAZIONE I.

§ 12. Trovata una espressione algebraica che indichi la spinta di una vôlta è facile risolvere parecchi quesiti al proposito degli edifici nei quali devono praticarsi delle volte: ed eccone uno fra gli altri che bene spesso s'incontra.

Si vuol innalzare una vôlta E L M (fig. 50) su piedritti E A ed M N, e si vuole sopra di questa innalzare pure un edificio per coprirla dalle intemperie, o per praticarvi qualche alloggio, come si fa al di sopra delle porte di città: s'ergono perciò a destra ed a sinistra due corpi di fabbrica I G, O P, sopra i piedritti, i quali con questo nuovo carico non avranno bisogno di tutta la grossezza come sopra assegnata. Si chiede dunque (conosciuta l'altezza I F e la grossezza I K, che debbono avere i muri che s'innalzano contemporaneamente coi piedritti) quale debba essere la grossezza A B perchè il tutto sia in equilibrio.

Supporremo per maggior facilità, che il muro I G, sia eretto sul mezzo del piedritto; sicchè i centri di gravità H e Q dei muri I G e B D si trovino su la stessa linea H C, che cade su la metà di A B, e che la vôlta di cui si tratta abbia le stesse dimensioni già assegnate e colle medesime lettere contraddistinte. È chiaro che se non si facesse, come nella figura precedente, menzione del muro I G, la resistenza del piedritto sarebbe espressa da $\frac{1}{2} dy^2 + n^2 (y - g)$; ma siccome conviene aggiun-

gere il peso di questo muro, moltiplicato pel braccio di leva AC, se IF si chiami h, ed IK, r, si avrà

$$\frac{1}{2}dy^2 + \left(n^2 + \frac{1}{2}hr\right)y - n^2 g,$$

per la resistenza del piedritto della vôlta che dovendo far equilibrio con la spinta, dà per conseguenza questa equazione,

$$\frac{1}{2}\ dy^2 + n^2\ (y - g) + \frac{rh}{2}y = n^2\ (f - y)$$

che differisce da quella che abbiam già trovata pel solo termine $\frac{1}{2}\ h\,r\,y$: e conoscendosi il valore di h e di r si conoscerà ancora quanto meno di grossezza dovranno avere questi piedritti, a confronto di quelli del precedente caso.

OSSERVAZIONE II.

§ 13. Abbiam supposto che l'estradosso della vôlta data fosse circolare, chè se ne trovano di tal forma. Ma siccome nelle fortezze l'estradosso delle vôlte de' sotterranei e di quelle de' magazzini da polvere termina sempre a *schiena di mulo* per lo scolo delle pioggie e perchè sono più valenti allo scoppio delle bombe, sarà ben fatto il mostrare come trovar si possa la grossezza dei piedritti di tali specie di vôlte nella stessa maniera adoperata nel precedente problema.

Prendendo ad esempio (fig. 52) il profilo d'un magazzino da polvere, bisogna premettere, che, acciò questi edifizj siano a prova di bomba, si assegnano per solito alla vôlta 3 piedi di grossezza alla metà delle reni, cioè diviso il quadrante BD in due parti eguali nel punto C, si prolunga il raggio AC sino in F, sicchè CF sia di 3 piedi; e per dare un conveniente pendio alle GH e GI si fanno perpendicolari alle AF ed AW: con questa costruzione le GH e GI si incontrano ad angolo retto, cioè in quel modo che meglio si conviene al coperto di un somigliante genere di edificio.

Ciò ritenuto, se si suppone il raggio AB = 12 piedi, AF = 15 piedi, ZP = 15 piedi, avremo le stesse linee di prima, contraddistinte dalle stesse lettere e dai numeri stessi, e le sole parti eguali CFGD, CFHB delle vôlte saranno differenti dalle prime perchè più considerabili, il che cangierà il valore di n^2.

Si cerchi adunque questo nuovo valore di n^2, che sarà dato dal triangolo rettangolo FGA di cui si conoscono i lati AF ed FG. In fatti trovata l'area di detto triangolo, e da questa levata quella del settore ACD, la differenza sarà il valore della parte CFGD, o di n^2 che si troverà, di 56 piedi.

La parte CHFB della vôlta unita al piedritto, avendo una figura diversa da quella del precedente problema, il centro di gravità Q non si troverà nella stessa posizione rispetto alla base PS, perchè la RS sarà necessariamente più grande che nella figura 49 e g non potrà quindi essere eguale ad un piede come abbiamo pure supposto; l'ho dunque calcolato di 18 pollici; e tenendo conto di ciò che ho detto, si troverà, fatto il calcolo numerico, che nello stato d'equilibrio la grossezza PS dei piedritti dev'essere di 7 piedi, 8 pollici e 6 linee.

OSSERVAZIONE III.

§ 14. Data la vòlta B D H, (fig. 53) terminata esternamente da un piano orizzontale Q X, è certo che, prolungati i raggi A C ed A Y (che dividono i quadranti D B e D H in due parti eguali) sino all' incontro di Q X, la parte superiore C W I Y D della vòlta eserciterà tutta la spinta che devono sopportare i piedritti: ora volendo sapere la grossezza, che devesi ad essi assegnare, prolungo S B sino in R, e considero il rettangolo P Q R S come il piedritto corrispondente al cuneo C W G D; senza aggiungere al piedritto il triangolo mistilineo B F C, che si ritiene compensato dal triangolo W R F, che apparterebbe al cuneo.

Prendo ora C F = D G; da L, punto che divide la C F per metà, innalzo la perpendicolare L O, che rappresenta la potenza O, conduco pure le linee M K ed L V, e le nomino colle stesse lettere di prima, eccettuata M P che chiameremo f.

Ciò posto si noti che dai triangoli simili L K A ed O P N si ha $LA = b : LK = a :: PN = f - c - y : PO = \frac{a}{b}(f - c - y)$, e che il peso assoluto del cuneo C W G D $= n^2$ sta alla spinta, o alla forza O come $LK = a$ sta ad $LA = b$, e quindi questa potenza sarà eguale a $\frac{bn^2}{a}$, espressione che moltiplicata pel braccio di leva P O darà $n^2 (f - c - y)$ pel prodotto che nello stato d' equilibrio deve essere eguale al peso del piedritto P Q R S moltiplicato pel suo braccio di leva P T; così chiamando Q P, d, e P S, y si avrà $\frac{1}{2} dy^2$ per la resistenza del piedritto, e quindi l'equazione $n^2 (f - c - y) = \frac{1}{2} dy^2$, che sciolta per y ci darà:

$$y = -\frac{n^2}{d} \pm \sqrt{\left\{ \frac{2n^2}{d} \left(f - c + \frac{n^2}{2d}\right) \right\}}.$$

Se si suppone ora che sia AB = 12 piedi; GD = 3 piedi; BS = 15 piedi; sarà pure P Q $= d =$ 30 piedi; L K o L V $= a =$ 9 piedi e 10 pollici; M P $= f =$ 24 piedi e 10 pollici; B V $= c =$ 2 piedi e 2 pollici; ed $n^2 =$ 56 piedi; ed eseguite tutte le operazioni, indicate nell' ultima equazione, si troverà che la grossezza del piedritto, dev' essere di 7 piedi e 6 pollici per stare in equilibrio colla spinta della vòlta.

§ 15. Farò qui intanto osservare che ogniqualvolta abbiamo moltiplicata $\frac{bn^2}{a}$ espressione della potenza O, pel suo braccio di leva $PO = \frac{a}{b}(f - c - y)$, abbiamo avuto per prodotto $n^2 (f - c - y)$; ora siccome $f - c - y$ è l'espressione della ipotenusa N P del triangolo rettangolo P O N, ed n^2 la superficie del cuneo C W G D, può dedursene la conseguenza, che quando il triangolo L K A sia simile al triangolo P O N, si dovrà soltanto moltiplicare l' espressione del peso assoluto del cuneo per quella dell' ipotenusa N P, per avere la spinta della vòlta rispetto al punto P; e così faremo per brevità di calcolo, fintanto, come ben si vede, che la vòlta sarà di tutto sesto.

OSSERVAZIONE IV.

§ 16. Volendosi costruire un edificio nel quale si dovessero fare parecchie vôlte le une sopra le altre sostenute dagli stessi piedritti, non si incontreranno maggiori difficoltà per trovare la grossezza di questi piedritti; i calcoli saranno soltanto un po' più complicati, come or ora vedremo.

Se si considera il profilo rappresentato dalla figura 55 si vedranno supposti due piani; il primo coperto da due vôlte della stessa grandezza, potrà prendersi per un sotterraneo, sopra cui è un magazzino che forma il secondo piano; e siccome questo magazzino è coperto da una vôlta sostenuta dagli stessi piedritti di quella del sotterraneo, la spinta delle due vôlte corrisponderà allo stesso punto d'appoggio P. Divisi i quadranti circolari B D e W Q in due parti eguali, e condotte dai punti L ed X le perpendicolari L O ed X E, queste rappresenteranno, siccome al solito, la direzione delle potenze, che manterrebbero in equilibrio la spinta dei cunei L G ed X Q; quindi, se dal punto d'appoggio P si abbassano su queste direzioni le perpendicolari P O e P E, si avrà da una parte il triangolo L K A simile a P O N, e dall'altra il triangolo X I S simile a P E H. Ora per avere la spinta dei due cunei L G ed X Q, si dovrà moltiplicare la superficie del primo L G per l'ipotenusa N P del triangolo rettangolo P O N, e quella del secondo X Q per l'ipotenusa P H del triangolo rettangolo P E H e sommare insieme i prodotti (§ 15). Così fatto L V o M Z $= a$; B V $= c$; Z P $= d$, sarà M P $= a + d$, e Z B essendo sempre eguale ad y, sarà M L o M N $= y + c$; e quindi N P $= f - y$, supposto per brevità $a + d - c = f$, e moltiplicata N P per n^2 superficie del cuneo L G, si avrà $n^2 (f - y)$ per espressione della spinta della vôlta superiore. Fatto poi W Y $= b$; R P $= h$; sarà R X o R H $= y + b$ e quindi supposto $p = h - b$, sarà H P $= p - y$, quantità che moltiplicata per la superficie del cuneo X Q, che chiameremo q^2 darà $q^2 (p - y)$ per espressione della vôlta inferiore, la qual espressione sommata con quella della superiore, darà $n^2 (f - y) + q^2 (p - y)$ per la spinta sopportata dal piedritto P B; e siccome la resistenza del piedritto unito al cuneo Z L B sarà espressa anche qui da $\frac{1}{2} dy^2 + n^2 (y - g)$ (perchè facciamo astrazione dalla parte X W della vôlta del sotterraneo quasi interamente incassata nel piedritto) avremo l'equazione d'equilibrio

$$n^2 (f - y) + q^2 (p - y) = \frac{1}{2} dy^2 + n^2 (y - g)$$

che sciolta per y ci darà

$$y = - r \pm \sqrt{\left\{\frac{2}{d} \left(n^2 (f - g) + p q^2\right) + r^2\right\}} \text{ supposto } r = \frac{2n^2 + q^2}{d}$$

E quindi determinate le dimensioni della figura per avere i valori delle lettere, e sostituiti questi valori nell'equazione si troverà la grossezza da darsi ai piedritti perchè siano in equilibrio colla spinta delle due vôlte.

Quando le vôlte sono coperte da una superficie orizzontale che serve, direm così, di pavimento al piano superiore, non è necessario di prendere in considerazione il peso delle terre o degli altri materiali posti al disopra dei reni per empire i vuoti, giacchè questi materiali, agendo se-

condo una direzione perpendicolare, esercitano uno sforzo, che in certo modo diminuisce la spinta, coll' aiutar che fanno i piedritti a sopportarla: basterà dunque, quanto ai piedritti considerar la vôlta, come se questo carico non vi fosse, e per tale ragione appunto non ne ho fatto menzione nei calcoli precedenti (15).

OSSERVAZIONE V.

Talora (fig. 54) le vôlte hanno l'imposta che sporge dal muro ed allora questa vôlta è sostenuta da peducci di pietra; tale è la vôlta di tutto sesto B D H che posa sui peducci B E ed H X, il di cui sporto è quasi eguale alla grossezza della vôlta; siccome questa costruzione non può certo dirsi solida mi asterrò bene dal proporla come tipo, segnatamente nelle opere di fortificazione, ove le vôlte devono avere una certa grossezza, ed essere solidamente basate; è mio solo pensiero mostrare come ella abbia minore spinta che se stesse direttamente sopra i piedritti nella maniera ordinaria, e come possa servirsene negli edifizi civili, quando i muri già fatti per altro uso non sono abbastanza forti da reggere una vôlta.

Per conoscere di quanto sollevi i piedritti questo sporto, faremo la solita costruzione, e diremo C V $= c$; Z C o P S $= y$; Z P $= d$; M P $= f$; S R $= g$ e così sarà M L o M N $= y + c$, e quindi N P $= f - c - y$; e siccome supponiamo che la superficie di ciascun cuneo L G D o L C B, sia sempre espressa da n^2 ne conseguita (§ 15) che $n^2 (f - c - y)$ sarà la spinta della vôlta; da un'altra parte la resistenza dei piedritti sarà sempre $\frac{1}{2} dy^2$, alla quale sommata quella del muro L C B, espressa da $n^2 (y + g)$, si avrà la equazione d'equilibrio

$$n^2 \ (f - c - y) = \frac{1}{2} dy^2 + n^2 (y + g)$$

che sciolta per y darà

$$y = \frac{2n^2}{d} \pm V \left\{ \frac{2n^2}{d} \left(f - c - g + \frac{2n^2}{d}\right) \right\}.$$

Per conoscere il valore dell' incognita supporremo che sia A B $= 12$ piedi, che la grossezza della vôlta sia di 3 piedi, di 15 l'altezza dei piedritti, e che sia $g = 2$ piedi. Si troverà $f = 24$ piedi e 10 pollici, e $c =$ 5 piedi e 2 pollici; sostituiti questi valori nell' equazione trovata, sarà $y = 5$ piedi e 5 pollici; e siccome abbiam già veduto che i piedritti d'una vôlta avente le stesse dimensioni, ma non egualmente poggiata sui peducci, debbono avere 6 piedi, 6 pollici e 7 linee di grossezza, ne nasce che per la vôlta sostenuta dai peducci, si ha il notabile risparmio di grossezza ne' piedritti di 1 piede, 1 pollice e 7 linee.

Si noti che quando si posan le vôlte su i peducci, si devono caricare d'una buona muratura Y I, per tenere solidamente ferma la coda delle pietre che compongono gli stessi peducci, e per avere un contrappeso che faccia equilibrio al peso della vôlta.

(15) Vedi le Note del Navier.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai piedritti d'una volta, quando questi abbiano una scarpa determinata.

§ 17. Abbiam supposto sin qui che i piedritti delle volte fossero di forma parallelepipeda, perchè tali ordinariamente si fanno; per altro, richiamando quanto abbiam detto al primo libro, osserveremo che dando un po' di scarpa al lato opposto alla spinta, si riescirà con minor muratura a far sì che possa sopportare la spinta della volta; e qui mi sono proposto dimostrare una tal verità, per niente omettere di ciò che può aver rapporto al nostro argomento.

Per trovare la grossezza Z B o P S del piedritto P B, (fig. 56) al quale vogliasi dare la scarpa F Z o P X, faccio la solita costruzione, e dico $KA = MF = a$; $FZ = PX = b$; $BV = c$; $ZX = FP = d$; $ZB = y$. Sarà quindi $FV = ML = MN = b + c + y$; $MP = a + d$, e per conseguenza $NP = f - y$ supposto $f = a + d - b - c$. Ora siccome i triangoli L K A e P O N son simili, moltiplicando $f - y$ per n^2, cioè per la superficie del cuneo L G D, si avrà $n^2\,(f - y)$ per espressione della spinta della volta rispetto al punto P.

Per avere adesso quella della resistenza del piedritto, considero essere $\frac{1}{2}\,bd$ la superficie o peso del triangolo rettangolo P Z X, che suppongo riunita ed applicata al punto Y, posto ai due terzi della P X, e moltiplicando $\frac{1}{2}\,bd$ per $\frac{2}{3}\,b$ si avrà il prodotto della superficie del triangolo pel braccio di leva P Y. Moltiplico la superficie dy del rettangolo X Z B S pel braccio di leva $PT = b + \frac{1}{2}\,y$ e avrò $bdy + \frac{1}{2}\,dy^2$ e finalmente, siccome il centro di gravità Q del cuneo E L B corrisponde al punto R, moltiplico la sua superficie n^2 pel braccio di leva PR, cioè per $b + y - g$ ritenuto $RS = g$. Sommando insieme questi prodotti si avrà la resistenza del piedritto e quindi l' equazione:

$$n^2\,(f - y) = b\,d\,y + \frac{1}{2}\,d\,y^2 + \frac{1}{3}\,b^2\,d + n^2\,(b + y - g)$$

che sciolta per y ci dà

$$y = -p \pm \sqrt{\left\{\frac{2\,n^2}{d}\,(f + g - b) - \frac{2}{3}\,b^2 + p^2\right\}}.\ \text{Supposto}\ p = \frac{2\,n^2}{d} + b.$$

APPLICAZIONE

Suppongasi $d = 15$ piedi; $b = 3$, sarà $a = 9$ piedi, 10 poll.: $c = 2$ piedi e 2 pollici; sarà $f = 19$ piedi, 8 pollici, ed $n^2 = 32$ piedi; e sostituiti questi valori nell' equazione trovata, avremo $y = 3$ piedi, 9 pollici e 3 linee, cioè dati tre piedi di scarpa ai piedritti, e 3 piedi, 9 pollici e 3 linee di grossezza alla sommità, faranno equilibrio colla loro resistenza alla spinta della volta.

OSSERVAZIONE I.

§ 18. Per comprendere quanta minor muratura occorrerebbe ai piedritti della vôlta che abbiam testè calcolata, in confronto di quelli del precedente problema, si ragguagli soltanto la grossezza dei due profili, ritenuto che abbiano la medesima altezza. A tal fine prendendo la semisomma delle Z B e P S, cioè di 3 piedi, 9 poll. e 3 linee, e di 6 piedi, 9 poll. e 3 linee, si avrà 5 piedi, 3 pollici e 3 linee per la grossezza adeguata, la quale posta a parallelo colla grozzezza di 6 piedi, 6 pollici e 7 linee, dei piedritti del primo problema, si avrà la differenza di 1 piede, 3 pollici e 4 linee, il che mostra che dando al piedritto la scarpa da noi supposta, si impiegherà un quinto meno della muratura che occorrerebbe facendo i piedritti a sezione rettangolare.

OSSERVAZIONE II.

§ 19. Trovata come nel precedente problema la grossezza da darsi ai piedritti d'una volta, perchè faccia equilibrio colla spinta, si può senza aumento di spesa, far sì che la resistenza dei piedritti sia maggior della spinta, onde essere sicuri, che per qualunque accidente i piedritti staranno immobili. A tal fine non si ha che a diminuire alquanto la grossezza dei piedritti alla sommità, accrescendo d'altrettanto la base. Se a cagion d'esempio, si richieggono 7 piedi di grossezza ai piedritti, se ne assegneranno sei alla sommità ed otto alla base.

I muri a scarpa, esposti alle intemperie, andando soggetti a deperimenti più di quelli elevati verticalmente, se ne conchiuderà forse non doversi fare gran conto in pratica dell'utile ch'io pretendo dedurne; qualunque sia a tal proposito il partito che vorrà abbracciarsi, non sarà men vero perciò quanto ho testè insegnato.

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

§ 20. Trovare la grossezza dei piedritti delle volte, munite di contrafforti.

Sia dato da costruirsi una volta, i cui piedritti debban essere sostenuti da contrafforti; sia data la lunghezza e la grossezza di questi contrafforti e la distanza scambievole, e si cerchi la grossezza da darsi ai piedritti perchè sieno in equilibrio con la spinta.

Dalla ispezione delle figure 57 e 58, vedesi che il punto d'appoggio che sopporta tutti gli sforzi della spinta della volta non cade, come negli altri casi in Y sullo spigolo esterno dei piedritti, ma bensì all'estremità P della coda dei contrafforti Y P Q C; per la qual cosa la perpendicolare P O, abbassata sulla direzione L O della potenza, esprimerà il braccio di leva corrispondente alla potenza stessa. Ciò posto, fatta la solita costruzione, supporremo
K A o M Z $= a$; Z C o P Y $= b$; B V $= c$; C Y $= d$; C B od Y R $= y$; sarà quindi M L o M N $= b + c + y$; M P $= a + d$, e per conseguenza N P $= f - y$, supponendo $f = a + d - b - c$.

Essendo il triangolo P O N simile ad L K A, moltiplicando (§ 15) la superficie del cuneo L G D $= n^2$ per N P $= f - y$ si avrà $n^2 (f - y)$

per espressione della spinta della volta. Per avere ora quella della resistenza dei piedritti e dei contrafforti, faccio osservare che questi ultimi si costruiscono quasi sempre colla cresta Q C a pendio, onde agevolare lo scolo delle acque; condotta quindi la perpendicolare Q H sulla C Y, e divisa la C H in due parti eguali nel punto I, per avere la I Y, che chiameremo h, e che moltiplicata per b darà bh, superficie della sezione del contrafforto P Q C Y, che supporremo per brevità di calcolo riunita in T, punto di mezzo della P Y, come se questa sezione fosse rettangolare. Così moltiplicando bh per $PT = \frac{1}{2} b$, si avrà $\frac{1}{2} b^2 h$ espressione del peso del contrafforto concentrato in T e moltiplicato pel suo braccio di leva.

Nel calcolo precedente abbiamo supposto la base dei contrafforti rettangolare; però siccome bisogna prendere in considerazione anche il rapporto tra la grossezza dei contrafforti e la loro distanza, ritenendolo noi di 1 a 2 verranno questi ad occupare un terzo dello spazio dietro i piedritti, cosicchè bisognerà dividere $\frac{1}{2} b^2 h$ per 3, per aver $\frac{1}{6} b^2 h$, resistenza di questi contrafforti, come abbiam già veduto al § 46 del libro primo.

Quanto al piedritto Y B, la sua superficie, o se vuolsi il suo peso concentrato in X sarà dy, e moltiplicato questo peso pel suo braccio di leva $PX = b + \frac{1}{2} y$ si avrà $b\,dy + \frac{1}{2} dy^2$; finalmente moltiplicata la superficie del cuneo $CFB = n^2$, o il peso concentrato in R pel suo braccio di leva $PR = b + y - g$, fatto $g = RS$; e sommato il prodotto $n^2(b + y - g)$ coi due precedenti, si avrà l'espressione dalla resistenza, che paragonata colla potenza agente darà l'equazione d'equilibrio:

$$n^2 (f - y) = \frac{1}{6} b^2 h + b\,dy + \frac{1}{2} dy^2 + n^2 (b + y - g),$$

che sciolta per y ci darà

$$y = -p \pm \sqrt{\left\{ \frac{2n^2}{d} (f + g - b) - \frac{b^2 h}{3d} + p^2 \right\}}, \text{ ritenuto } p = \frac{2n^2}{d} + b.$$

APPLICAZIONE

Supposto $AB = 12$ piedi; $AF = 15$, sarà $KA = a = 9$ piedi e 10 pollici; $BV = c = 2$ piedi e 2 pollici ed $n^2 = 56$ piedi quadrati. Supponendo inoltre $PY = 5$ piedi; $ZP = 15$ piedi e $CH = HQ$; sarà $IY = 12$ piedi 6 pollici; e si troverà pure $f = 17$ piedi e 8 pollici. Sostituiti questi valori nella equazione trovata avremo: $y = 3$ piedi, 1 pollice e 5 linee.

OSSERVAZIONE I.

§ 21. Per conoscere quanto minor muratura si possa impiegare valendosi dei contrafforti, ricorderemo come al § 13 abbiamo trovato doversi assegnare 7 piedi, 8 pollici e 6 linee di grossezza ai piedritti d'una vôlta, simile alla testè considerata, perchè fossero in equilibrio colla spinta. E moltiplicata questa dimensione per l'altezza 15 dei piedritti, il prodotto sarà 115 piedi, 7 pollici e 6 linee da assegnarsi a questi piedritti. Così moltiplicando la grossezza trovata, cioè 3 piedi, 1 pollice e 5 linee per 15, si avranno 47 piedi e 6 pollici per la superficie Y B de' piedritti Y B;

ora per trovare la superficie esterna dei contrafforti, moltiplico la loro altezza YI adequata, che è di 12 piedi e 6 pollici per la lunghezza PY di 5 piedi; prendo il terzo del prodotto, occupando i contrafforti un terzo soltanto dello spazio dietro i piedritti, ed i 20 piedi e 10 pollici risultanti sommati coi 47 piedi e 6 pollici mi daranno 68 piedi e 4 pollici, la cui differenza coi 115 piedi, 7 pollici e 6 linee sarà di 47 piedi, 3 pollici e 6 linee Si impiegheranno pertanto due quinti circa meno di muratura alzando i contrafforti da noi supposti; se invece quindi di dare 5 piedi di lunghezza ai contrafforti se ne assegnassero loro 5 e mezzo, la resistenza dei piedritti sarebbe molto maggiore della spinta della vòlta, e si risparmierebbe per soprappiù in muratura: od anche, e tornerebbe lo stesso, si potrebbero lasciare i contrafforti come sono, e dare 3 piedi e mezzo di grossezza ai piedritti.

OSSERVAZIONE II.

§ 22. Si osservi intanto che nello stabilire la distanza fra loro dei contrafforti, non si deve nè allontanarli troppo, nè dare ad essi troppa lunghezza sul timore di indebolire la grossezza dei piedritti, volendo supporre il tutto nello stato d'equilibrio, giacchè devesi aver riguardo all'unione dei materiali, l'aderenza dei quali non dee tenersi in pratica come assolutamente invincibile. Vo' dire che se per aver assegnata una soverchia lunghezza ai contrafforti, ne nascesse che il valore di y non bastasse a dare ai piedritti una conveniente grossezza, sicchè vi fosse luogo a temere che la spinta delle vòlte facesse rovinare la muratura nell'intervallo dei contrafforti, sarebbe opportuno diminuire la lunghezza di quest'ultimi, ingrossando in lor vece i piedritti; per la medesima ragione, sarà più a proposito distribuire la muratura destinata a sostenere i piedritti, aumentando il numero dei contrafforti, che innalzandone minor quantità ma più grossi. Così, a cagion d'esempio, se si dovesse occupare un terzo dello spazio compreso fra i piedritti e la coda dei contrafforti, invece di dare 6 piedi di grossezza ai contrafforti e 12 piedi di distanza l'uno dall'altro sarà miglior consiglio assegnarne loro soltanto 3 di grossezza e porli a 6 piedi di distanza, perchè quanto maggior numero di punti d'appoggio avranno i piedritti, più l'opera sarà solida.

È inutile aggiugnere che qui si parla de' contrafforti applicati alle opere di fortificazione, perchè quando trattasi d'altri edifici, ne' quali devesi combinare la solidità coll'ornato, non si può sempre assegnare quella distanza che si desidererebbe ai contrafforti, dovendosi in allora aver riguardo ed alle aperture praticate fra essi, ed alle situazioni della vòlta, da rinfiancarsi di preferenza, perchè in questa sorta d'edificii la spinta delle vòlte non è da per tutto la stessa, ma è raccolta in punti distinti, i quali contrassegnano da sè la situazione dei contrafforti.

OSSERVAZIONE III.

§ 23. Si noti ancora che la spinta d'una vòlta cresce o diminuisce al crescere o diminuirsi la distanza del punto d'appoggio P dal punto S, estremità della perpendicolare BS; perchè dipendendo questa spinta dal prodotto del peso relativo del cuneo LGD per la perpendicolare PO, si comprenderà che più il punto d'appoggio P sarà lontano da S,

più la perpendicolare P O sarà accorciata. Così più la base dei piedritti sarà larga, minor resistenza occorrerà per sopportare la spinta. Che se il punto d'appoggio P fosse talmente lontano da S che la linea di direzione L O passasse pel punto P, cioè che i punti P ed O si confondessero in uno, l'azione del cuneo L G D sarebbe nulla sul piedritto, perchè annullandosi la M P il suo prodotto per n^2 non può esser che zero.

Osservazione IV.

§ 24. I punti d'appoggio che sopportano la spinta d'una vôlta trovandosi effettivamente sotto la coda dei contrafforti, vedesi che ivi non possono mai ritenersi soverchiamente solidi i fondamenti; per la qual cosa vorrei che fossero composti di larghe pietre da taglio poste su due file di grossi tavoloni, quand'anche il terreno sul quale vuolsi innalzare l'edificio, sembrasse abbastanza fermo, giacchè è fuor di dubbio che se la vôlta è massiccia produrrà colla sua spinta qualche abbassamento nei contrafforti. Sembra anche cosa prudente, il fare per maggior sicurezza i fondamenti dei contrafforti più lunghi di un piede e mezzo, ed anche di due piedi, dei contrafforti stessi, dando molta ritirata su i fianchi, per avere grandi imbasamenti che allunghino il braccio di leva e fortifichino il punto d'appoggio. Ho veduto la volta d'un magazzino da polvere appena fatta fendersi a mezzo le reni tutto al lungo, benchè le dimensioni dei piedritti e dei contrafforti eccedessero le necessarie per sopportare la spinta, e benchè la muratura fosse assai buona. Ciò provenne dall'avere ceduto il suolo sotto i contrafforti, il che si sarebbe potuto evitare coll'additato espediente.

I vecchi pratici saran più di tutti persuasi della aggiustatezza di questa osservazione non solamente al proposito dei contrafforti, ma ancora per tutti gli altri fondamenti che devono servire di punto d'appoggio (16).

CAPITOLO TERZO

Trovare la grossezza dei piedritti delle volte sceme, a sesto-acuto e in piattabanda, e quella dei fianchi dei ponti di muratura.

Si è, credo, abbastanza parlato delle volte a tutto sesto nel capitolo precedente; esamineremo in questo le volte così dette *sceme* od *elittiche*, le *gotiche* o *a sesto acuto*, e quelle *in piattabanda*. Intanto siccome le vôlte sceme di cui terremo parola, saranno supposte perfettamente elittiche, e non formate ad archi circolari, come son quelle descritte per lo più dagli operai, sarà opportuno il far precedere alcune nozioni sulle sezioni coniche che ci gioveranno per dimostrare i dettati che proponiamo.

(16) V. le Note del Navier.

DALLE SEZIONI CONICHE

§ 25. 1.° Condotta l'ordinata GH all'asse maggiore A B d' un elisse, si ha (fig. 60) supposto in F l'origine delle coordinate e chiamata y l' ordinata, x l' ascissa corrispondente, a il semiasse maggiore, e b il semiasse minore.

$$(a-x)(a+x):y^2::a^2:b^2$$

§ 26. 2.° Fatta la FI terza proporzionale ad FG ed FA e condotta la HI, questa sarà tangente al punto H, il che ci dà $FI=\frac{a^2}{x}$ e quindi $IG=\frac{a^2-x^2}{x}$.

§ 27. 3.° Se dal punto H si conduca la normale HK che taglia l'asse AB in K, dico che sarà $FG:GK::\overline{AF}^2:\overline{FD}^2$ oppure come $AG\times GB:\overline{GH}^2$.

E di fatto dai triangoli simili I G H e G H K si ha

$$IG=\frac{a^2-x^2}{x}:GH=y::GH=y:GK=\frac{xy^2}{a^2-x^2}.$$

Trattasi ora soltanto di provare che

$$GF=x:GK=\frac{xy^2}{a^2-x^2}::AG\times GB=a^2-x^2:\overline{GH}^2=y^2,$$

ed è per sè stesso evidente, perchè sono eguali tra loro il prodotto dei medii e quel degli estremi.

Siccome poi le proprietà dell' elissi son sempre le stesse, o la tangente incontri l'asse maggiore A B, prolungato, o incontri il minore D E, pure prolungato, si vedrà con una dimostrazione, simile alla precedente, che se la perpendicolare innalzata su la tangente I O andasse ad incontrare l'asse minore E D in L, si avrebbe ancora $\overline{EF}^2:\overline{AF}^2::MF:ML$.

COROLLARIO PRIMO

§ 28. Dati adunque gli assi A B ed E D d'un elisse, e la distanza dal centro F al punto G si troverà anche l' ordinata GH, conoscendo che il quadrato del semiasse maggiore sta a quello del semiasse minore come la differenza dei quadrati del semiasse minore e dell' ascissa sta al quadrato dell' ordinata.

COROLLARIO SECONDO

§ 29. Così il valore della M L compresa tra il piede dell'ordinata H M ed il prolungamento della normale H K in L, sarà dato dalla proporzione: il quadrato del semiasse minore sta al quadrato del semiasse maggiore come l'ordinata H G sta alla quantità cercata.

OSSERVAZIONE

§ 30. Siccome trovando per mezzo dell'algebra il valore di certe quantità, se ne suppongono note certe altre, bisogna necessariamente per determinare la grossezza dei piedritti che sostengono volte elittiche, conoscere alcune linee che si possono avere soltanto meccanicamente, cioè disegnando un elisse simile a quella della volta; ed in simil caso l'elisse non sarà mai di soverchio grande perchè le dimensioni richieste sieno esatte. Ed ecco come si procede.

Condotta sul pavimento di una gran camera o su di una grande super-

ficie piana una linea A B (fig. 59) di cinque o sei piedi di lunghezza, che serva d'asse maggiore, si divida in due parti eguali nel punto D, e da questo punto s'innalzi la perpendicolare CD, che abbia colla AB, l'egual rapporto dell'altezza della volta che si vuol costruire colla sua lunghezza. Si conducano quindi da C le C E e C F eguali ciascuna al semiasse maggiore per avere i punti E ed F che saranno i fochi dell'elisse. Dopo di che preso una cordicella perfettamente eguale in lunghezza all'asse maggiore, se ne attacchino gli estremi ai punti E ed F, e con un punteruolo accavallato a questa funicella, in modo da tenerla tesa, si descriverà la curva A G H B partendo da un punto dell'asse maggiore per venire all'altro (17). Si forma poscia una scala avuto riguardo al numero dei piedi che si vogliono assegnar di lunghezza alla volta.

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai piedritti d'una volta elittica.

§ 31. La spinta d'una volta operando sempre (fig. 61) secondo le direzioni delle tangenti tirate alla curva formata dalla medesima, si cominci a dividere il quadrante elittico B D in due parti eguali in L per condurre a questo punto la tangente L O, e sull'estremità L la perpendicolare LA, che prolungata in F dividerà come al solito la semivolta in due parti presso a poco eguali (18). Allora la F A potrà considerarsi come il piano inclinato sul quale agisce il cuneo F G D L, e la linea O L come la direzione della potenza che sarebbe in equilibrio coll'azione dello stesso cuneo. Si dimanderà forse perchè questa direzione non sia perpendicolare alla metà della faccia F L come nei precedenti problemi, ma siccome dovea necessariamente corrispondere al punto L per avere le linee LK, LV, KA, ci siam attenuti a questo per operar con maggior esattezza, e terrem conto di ciò nella applicazione. Supposta pertanto la solita costruzione chiameremo $LK = a$; $KA = b$; $LA = c$; $BV = d$; $BS = f$; $MP = g$; $ZB = y$ ed il cuneo $LG = CE = n^2$. Ora dai triangoli simili LKA ed LMN si ha

$$AK = b : LK = a :: LM = y + d : MN = \frac{a}{b}(y + d)$$

e per conseguenza $NP = g - \frac{a}{b}(y + d)$; così pure dai triangoli simili LKA ed NOP si ha $LA = c : AK = b :: NP = g - \frac{a}{b}(y + d) : PO$, che ci dà per il braccio di leva $PO = \frac{bg - a}{c}(y + d)$. Per avere adesso l'espression della potenza O, si noti che il peso assoluto del cuneo LGD sta alla sua spinta su la faccia FL, come $LK = a$ sta ad $LA = c$, e che quindi moltiplicato $\frac{cn^2}{a}$ per PO avremo $n^2 \left(\frac{bg}{a} - d - y\right)$ espressione della spinta della volta rispetto al punto P d'appoggio. Dall'altra parte per avere quella della resistenza del piedritto PB, unito al cuneo

(17) V. le Note del Navier.
(18) Id.

F B, moltiplico il rettangolo $PB = fy$ per $PT = \frac{1}{2}y$, e la superficie n^2 del cuneo F B pel braccio di leva $PS = y$, supponendo che la linea di direzione condotta dal centro di gravità Q, cada presso a poco nel punto S, essendo questo cuneo molto più inclinato che nella volta di tutto sesto: sommati insieme questi prodotti e paragonati colla spinta della volta nasce l'equazione $n^2 \left\{ \frac{bg}{a} - d - y \right\} = \frac{1}{2} fy^2 + n^2 y$ che sciolta per y darà $y = -\frac{2n^2}{f} \pm \sqrt{\left\{ \frac{2n^2}{f} \left(\frac{bg}{a} + \frac{2n^2}{f} - d \right) \right\}}$.

APPLICAZIONE

Per valersi in pratica di questo problema, si cominci dal disegnare un grande elisse, come si è detto al § 36, tali che i due semiassi sieno nel rapporto delle linee H B ed H D (fig. 61); se p. e. la larghezza della volta in opera fosse di 24 piedi e l'altezza D H fosse di due terzi della stessa larghezza, B H sarebbe di dodici piedi e D H di 8. Ora diviso un quarto di elissi in due parti eguali si abbassi dal punto di divisione una perpendicolare come L V, di cui sarà facile conoscere il valore per mezzo della scala, e così pure la V H o L K.

Avendo io stesso eseguito quanto ho qui additato trovai L V = H K di 6 piedi 3 pollici; L K = V H = 7 piedi e 6 pollici; e dedussi, giusta il § 29, il valore di K A = 14 piedi e 9 linee dalla proporzione

$$\overline{DH}^2 : \overline{HB}^2 :: KH : KA.$$

La vòlta essendo stata supposta di tre piedi di grossezza per avere la superficie dei cunei F D o F B cercai quella della grande e della piccola elissi, e sottratta l'una dall'altra, e presa della differenza l'ottava parte, mi risultarono 27 piedi. Così supposta l'altezza dei piedritti di 15 piedi, si avrà il valore di tutte le lettere che si trovano nell'equazion precedente poichè si avrà $a = 7$ piedi e 6 pollici $b = 14$ piedi e 9 linee; $d = 4$ piedi e 6 pollici $f = 15$ piedi; $g = 21$ piedi e 3 pollici, a cui bisogna aggiugnere la metà della grossezza della vòlta per avere 22 piedi e 9 pollici, e $CG = n^2$ di 27 piedi: sostituiti dunque questi valori nell'equazione sopra indicata si troverà $y = 8$ piedi e 8 pollici.

La tangente L O dando un braccio di leva O P, più corto che se la linea di direzione della potenza cadesse perpendicolare alla metà della faccia F L, come sarebbe per esempio la C X, aumentai il valore della M P della metà della grossezza della vòlta affinchè il braccio di leva P O cresciuto della X O = C L, questa soluzione corrispondesse press'a poco alle precedenti.

OSSERVAZIONE I.

§ 32. Le vòlte sceme hanno una spinta maggiore di quelle a tutto sesto: perchè l'angolo O L V, (fig. 61) formato dalla linea di direzione O L e dalla perpendicolare L V, essendo maggiore che nelle precedenti figure, il braccio di leva P O si troverà allungato, il che aumenterà la forza della potenza. Ora, siccome il braccio di leva P O ingrandisce a proporzione che il semiasse D H rispetto all'altro H B diminuisce, si rileva che più la vòlta è scema, più la sua spinta aumenta.

OSSERVAZIONE II.

§ 33. Sarà qui opportuno l'osservare che i cunei componenti una vôlta scema dovendo avere necessariamente più centri, non può esser sì forte questa come quella a tutto sesto, perchè in quest'ultima lo sforzo di tutti i cunei riunendosi in un sol punto, si rinfiancano a vicenda, e son più capaci a sopportare l'azione di qualche gran peso, o di qualche scossa violenta, come sarebbe quella delle bombe. Così quando vogliansi innalzare sotterranei a prova di bomba, la volta più conveniente sarà quella di tutto sesto.

PROPOSIZIONE SECONDA

§ 34. Trovare la grossezza da darsi ai piedritti delle volte a sesto acuto, perchè siano in equilibrio colla spinta.

Essendo la vôlta a sesto acuto, o *gottica*, formata di due uguali archi di circolo (fig. 62) deve necessariamente aver due centri, la posizione de' quali dipende dall' altezza che si vuol dare ad essa volta. Se la sua larghezza è B I, i centri possono essere ai punti B ed I, o altrove nei punti G ed H, egualmente lontani dal punto di mezzo A. Quando si prendono i punti B ed I per centri, la larghezza B I diventa il raggio, con cui si descrivono i due archi, e la vôlta riesce della elevatezza che si costuma assegnarle nelle chiese, ed altri edificj della Civile Architettura. Ma volendo costruire un magazzino a prova di bomba, riescirebbe debolo con tanta elevazione.

Il modo più conveniente sarà di dividere le A I ed AB in due parti eguali nei punti H e G, per aver i centri degli archi B D e D I descritti coi raggi H B e G I. Supposto pertanto che la vôlta in proposito, sia descritta in tal modo, si dividerà l'arco B C D in due parti eguali in C, e si condurranno i raggi H F, H T, la corda B D, e le altre linee al solito.

Denomino $LK = a$; $KQ = b$; $LQ = c$; $BV = d$; $ZP = f$; $MP = g$; $ZB = y$; sarà $ML = y + d$. Ciò posto i triangoli simili L Q K ed L M N daranno $KQ = b : KL = a :: LM = d + y : MN = \frac{a}{b}(d + y)$. Così si avrà $NP = g - \frac{a}{b}(d + y)$; e siccome sono simili i triangoli LQK, NOP, si avrà ancora

$LQ = c : KQ = b :: NP = g - \frac{a}{b}(d + y) : PO = \frac{bg - a(d+y)}{c}$.

Si noti ora che nel triangolo rettangolo L K Q, il lato K L può esprimere il peso assoluto del cuneo L D T, poichè la linea di direzione condotta dal suo centro di gravità è tagliata ad angolo retto da questo lato; così la linea di direzione O L della potenza O essendo perpendicolare al lato L Q, esprimerà lo sforzo del cuneo su la faccia F C, e chiamata n^2 la superficie del cuneo, il suo sforzo sarà ancora $\frac{cn^2}{a}$, che moltiplicato pel braccio di leva P O darà $n^2 (\frac{bg}{a} - d - y)$ per la spinta della vôlta rispetto al punto d'appoggio P. Supposto inoltre, per semplicità di calcolo, che la linea di direzione condotta dal centro di gravità del cuneo L F B cada nel

punto S, la resistenza del piedritto unito al cuneo corrispondente, sarà come prima espressa da $\frac{1}{2} f y^2 + n^2 y$, che paragonata colla spinta della vôlta darà l'equazion d' equilibrio $n^2 \left(\frac{b g}{a} - d \right) = \frac{1}{2} f y^2 + 2 n^2 y$, che sciolta per y ci darà $y = - \frac{2 n^2}{f} \pm \sqrt{ \left\{ \frac{2 n^2}{f} \left(\frac{b g}{a} - d + \frac{2 n^2}{f} \right) \right\} }$

APPLICAZIONE

Per valersi in pratica di questo problema, supporremo B I = 24 piedi, e però sarà H B = H D = 18 piedi, ed A H = 6. Sarà dunque facile nel triangolo rettangolo A D H, del quale son conosciuti due lati, il conoscere l'angolo A H D che si troverà di 70° e 30', di cui la metà sarà per l'angolo L H V del triangolo rettangolo L V H, del quale è pur conosciuto il lato L H, che sarà di 19 piedi e mezzo, avendo la volta tre piedi di grossezza; e siccome abbiamo un triangolo rettangolo di cui si conoscono due angoli ed un lato, si troverà col calcolo ordinario L V = 11 piedi, 3 pol. e V H = 16 piedi circa, da cui sottraendo A H di 6 ne resteranno 10 per V A od L K. Così pure, conoscendo un dei due lati del triangolo rettangolo L K Q, e l'angolo acuto L Q K, complemento di AHQ, si troverà KQ = 7 piedi circa; sicchè supposto che l'altezza del piedritto sia ancora di 15 piedi si avrà il valore di tutte le lettere eccettuata n^2; cioè si avrà $a = 10$ piedi; $b = 7$ piedi, $d = 2$ piedi; $f = 15$ piedi; $g = 26$ piedi e 3 pollici.

Per trovare poi la n^2, cercata la superficie dei cerchi di raggio H B ed H E, e presane la differenza che sarà di 368 piedi quadrati avrò il valore di quell'anello circolare di cui fa parte il cuneo L D T. Stando poi la superficie cercata all'anello circolare come l'arco F I = 35°, 15', sta alla circonferenza, si avrà $n^2 = 35$ piedi, 9 poll. e 5 linee; e sostituiti nell'equazion trovata i parziali valori avremo $y = 5$ piedi e 3 poll.

Benchè la perpendicolare A X ed il raggio H T si taglino in D formando l'angolo T D X che racchiude uno spazio che rende il cuneo superiore L X, maggiore dell'inferiore L E B, gli ho nondimeno supposti eguali, per essere piccolissima la differenza.

OSSERVAZIONE I.

§. 35. Si noti poi che le volte a sesto acuto sopportano molto minore spinta di quelle a tutto sesto, poichè la linea di direzione O L della spinta sopportata dal cuneo L T D, formando colla verticale L V un angolo minore che nella volta a tutto sesto, bisogna necessariamente che il braccio di leva P O sia più corto di quel che dovrebb'essere se la volta fosse meno alta, sicchè può dirsi che più il raggio H B dell'arco B D sarà grande, minore sarà la grossezza che bisognerà assegnare ai piedritti.

OSSERVAZIONE II.

§ 36. Se le volte a sesto acuto o le sceme, avessero il loro estradosso inclinato, si potrà sempre trovare la grossezza dei loro piedritti, come al § 13, giacchè le operazioni non sarebbero per nulla diverse da

quelle che abbiamo praticate nelle precedenti proposizioni; e solo l'espressione della superficie del cuneo importerà un numero maggiore di piedi quadrati.

Che se si volessero apporre contrafforti ai piedritti di queste due specie di volte, bisognerà attenersi a quanto abbiam detto al § 20, e che ora per non annojare, abbiam creduto bene di non ripetere.

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai piedritti che sostengono una piattabanda.

§ 37. Per trovare il profilo de' cunei che devono comporre una piattabanda, si descrive su la sua larghezza L F un triangolo equilatero L A F; dividesi poi la larghezza in tante parti uguali quanti sono i cunei, e dal punto A come centro si conducono delle rette per ciascun punto di divisione che prodotte ad incontrare la G I mostrano la figura e la grandezza de' cunei. Data dunque la piattabanda D E F L (fig. 63) costruita come abbiam detto, ne prenderemo la metà D C K L considerandola come un sol-cuneo tutto d'un pezzo, che agisca contro L per rovesciare il piedritto M S; epperò innalzata da L la L O perpendicolare a D A per avere la direzione della potenza che sopporta la spinta della piattabanda D K, la perpendicolare P O sarà, come al solito, il braccio di leva di questa potenza. Per averne l'espressione diremo $LK = a$, e quindi $LA = 2a$ per essere il triangolo equilatero; dall'altra parte sia $KA = b$; $LM = y$, $MP = f$, $LDCK = n^2$; ciò posto dai triangoli simili A K L, L M N, N O P si ha $KA = b : KL = a :: LM = y : MN = \frac{ay}{b}$, sarà quindi $NP = f - \frac{ay}{b}$, da cui si ha $AL = 2a : AK = b :: PN = f - \frac{ay}{b} : PO = \frac{bf}{2a} - \frac{1}{2}y$.

Notando poi che il peso assoluto della semipiattabanda L D C K sta allo sforzo esercitato contro il piedritto come L K : L A, si vedrà che essendo L A eguale al doppio di L K, lo sforzo sopportato dalla potenza O dovrà essere espresso da $2n^2$, per cui moltiplicata questa quantità pel braccio di leva P O, si avrà $n^2\left(\frac{bf}{a} - y\right)$ per espressione della spinta della piattabanda rispetto al punto P, che paragonata colla resistenza dei piedritti cioè con $\frac{1}{2} f y^2$ darà l'equazione d'equilibrio $\frac{bfn^2}{a} = \frac{1}{2} f y^2 + n^2 y$, e sciolta per y,

$$y = -\frac{n^2}{f} \pm \sqrt{\left\{ n^2\left(\frac{2b}{a} + \frac{n^2}{f^2}\right)\right\}}.$$

APPLICAZIONE

Supposto $f = 15$ piedi, $LF = 24$ $CK = 3$ sarà $a = 12$, $b = 20$ 9 pol. e 4 linee, ed $n^2 = 38$ p., 3 pol. quadrati; e sostituiti questi valori nella equazione trovata si avrà $y = 9$ p. e 2 pol.

OSSERVAZIONE

§ 38. Fra tutte le volte la piattabanda è quella che ha maggiore spinta e forza minore; per la qual cosa non si adopera nelle fortificazioni, ma soltanto nei grandi edifici e con spese considerevoli a cagione delle chiavi di ferro che si impiegano per alleviare i piedritti e concatenare i cunei tra loro.

Se la piattabanda facesse l'ufficio di architrave di una porta carraja, per non assoggettarla a portare tutto il peso del muro sovrincumbente, si getta un arco nascosto, detto volgarmente di scarico, tra i due piedritti.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

§ 39. Determinato il peso della chiave d'una volta a tutto sesto, si domanda di quanto bisognerà aumentare quello di ciaschedun cuneo, perchè tutti si sostengano da per sè stessi in equilibrio.

Si è detto all'articolo primo, che i cunei hanno maggiore o minore spinta, secondo che sono più o meno vicini alla chiave, e che questa spinta diminuendo sempre più a misura che i piani su i quali agiscono i cunei sono meno inclinati all'orizzonte, i cunei superiori tenderebbero sempre a spostare quelli che sono immediatamente al di sotto, se questi non fossero legati dal cemento. E siccome, sarebbe cosa utilissima per la solidità degli edificj che i cunei delle vôlte non spingessero reciprocamente, ma vi si reggessero di per sè stessi senza malta o altro cemento, il signor De la Hire si è proposto cercare di quanto bisognava aumentare il loro peso sopra quello della chiave, affinchè con tal mezzo acquistassero quella forza di cui scemavano per la situazione; e un tal problema ho qui voluto riportare.

Sia una volta a tutto sesto A B C (fig. 64), composta di cunei eguali, se dalla sommità B della chiave si conduca la B O perpendicolare al raggio G B, e si prolunghino sino all'incontro di B O tutti i raggi corrispondenti ai letti dei cunei P, Q, R, S, ec., dico che tutti questi cunei saranno in equilibrio se il loro peso assoluto è espresso dalle linee H K, K L, L M, M N, ec.

Di fatto le tre forze spettanti al cuneo P sono espresse dai lati del triangolo G H K; quelle spettanti al cuneo Q, da quelli del triangolo G K L, e così degli altri cunei R, S, ec., le forze dei quali vengono espresse dai lati del triangolo ove sono rinchiusi, poichè le direzioni di queste potenze saranno perpendicolari ai lati del triangolo od ai loro prolungamenti. Or se il peso del cuneo P è espresso dalla H K, e quello di Q dalla K L, è certo che questi due cunei saranno in equilibrio, poichè K G comune ai due predetti triangoli esprime la forza con cui il cuneo P spinge Q, e quella con cui Q rispinge P. Del pari se il peso del cuneo R è espresso dalla L M, sarà pure in equilibrio con Q, perchè il superiore spinge l'inferiore colla stessa forza con cui è respinto, essendo questa forza espressa da una parte e l'altra da L G, lato comune ai triangoli spettanti ai cunei Q ed R. Finalmente se il peso del cuneo S è espresso da M N, si vedrà con un simile ragionamento che sarà in equilibrio col cuneo P,

poichè questi due cunei agiranno l'uno su l'altro colla stessa forza G M. Quanto al cuneo T, corrispondente al piedritto, il suo peso non può essere determinato; perchè le parallele B O e G C non s'incontrano mai, ond'esso deve esser d'un peso infinito per resistere allo sforzo di tutti gli altri nel caso che potesse scorrere sopra un piano infinitamente liscio; ma siccome in pratica questo caso non si dà, ma invece si incontra sempre molto attrito, basta dare a questo cuneo il maggior peso possibile.

I differenti pesi de' cunei possono essere espressi dalle differenze delle tangenti degli angoli che fanno le giunture, incominciando dal mezzo della chiave, perchè le linee K L, L M, M N esprimenti il peso de' cunei Q, P, R, S esprimono la differenza delle tangenti degli angoli B G K, B G L, B G M e B G N. Ora avendosi le tangenti di questi angoli nelle tavole dei seni, se se ne prendono le differenze si avranno i numeri che esprimeranno il rapporto del peso de' cunei. Onde conosciuto il peso della chiave si potrà, per la regola di proporzione, conoscer quello di ciascun cuneo, per vedere quanto bisognerà fare gli uni più lunghi degli altri, vale a dire quanta coda di più conviene loro dare, affinchè operino tutti a un di presso lo stesso sforzo; dico a un di presso, perchè in pratica avendosi sempre attrito e cemento non è necessario l'osservare una esattissima proporzione nel rapporto del loro peso; ma basterà prendersene cura quando si vogliano costruire solidissimi edificii (19).

PROPOSIZIONE QUINTA

PROBLEMA

Trovare qual curva convenga ad una volta, perchè tutti i suoi cunei, di ugual peso, sieno tra loro in equilibrio.

§ 40. Se in un piano verticale (fig. 68) si tira la linea A B parallela all'orizzonte, e ai due punti C e D di essa, si attacchino le estremità di una catena composta di piccoli anelli, lasciando che si dispongano secondo la direzione lor naturale, dico che formeranno una curva C F D, omologa a quella che dovrebbe darsi ad una volta, perchè tutti i cunei, eguali in peso fossero in equilibrio tra loro.

Divisa la C D in due parti eguali in E, ed abbassata la perpendicolare E F, è chiaro che questa incontrerà il punto F più basso della curva; perchè a motivo della flessibilità della catena e della uniformità che supponesi nelle sue parti, la C F sarà eguale alla D F; la prima avrà la stessa figura della seconda, e tutti i punti della C F e della D F saranno simmetrici intorno alla perpendicolare E F. Forma dunque questa catena una curva regolare che ha per asse E F. Ora tutti gli anelli della catena, supposti eguali in grandezza ed in peso, si manterranno in equilibrio tra loro, e tenderanno tutti in particolare al centro della terra secondo linee che condotte dal loro centro di gravità possono essere considerate siccome perpendicolari all'orizzonte; e se vogliasi anche attribuire a ciascuno di questi anelli un peso eguale ma incomparabilmente maggiore del vero, si conserveranno sempre nel medesimo stato in cui si trovavano, non

(19) V. le Note del Navier.

essendovi ragion sufficiente, perchè l'uno debba rimover l'altro dalla direzione, datagli dal peso. Ma se si facesse in modo che gli anelli della catena fossero l'uno all'altro uniti in maniera da formare un sol corpo inflessibile, non sarebbesi con ciò fatto altro se non che obbligar queste parti a conservare quella posizione in cui eransi naturalmente disposte: in qualunque senso vogliasi por la catena, e finchè sarà attaccata ai punti C e D, sarà indifferente che gli anelli sieno tra loro uniti o no, che si aumenti o no il loro peso. Si potranno anche sospendere a ciascun anello pesi eguali, senza che perciò si porti alterazione alcuna alla curva CFD.

Ora è noto che non si altera in nulla l'equilibrio delle forze cangiandone la direzione in senso contrario: nel supposto adunque che tutti gli anelli sieno in siffatto modo uniti fra loro che non possano alterare la curva da essi tutti formata, se la catena CFD facciasi rotare sulla CD come su di un asse, affinchè prenda la situazione opposta ma sempre verticale (fig. 69), tutte le parti conservando la stessa situazione che già avevano, tenderanno al centro della terra secondo le medesime linee di direzione, e, aumentisi o no il loro peso, purchè uguali sieno gli aumenti, si manterranno sempre in equilibrio, nè faranno sforzo alcuno per cadere quand'anche non fossero per altra cagione costrette a stare unite fra loro.

Supponendo adesso che la curva CFD (fig. 66) rappresenti l'intradosso d'una volta ABC, che sia per tutto d'un' eguale grossezza, e nella quale, invece di anelli sieno de' cunei piccolissimi, aventi lo stesso peso, e di cui le linee di direzione tagliate dal loro centro di gravità sarebbero le medesime di quelle degli anelli, questi cunei al par degli anelli staranno in equilibrio, sicchè se saran ben uniti gli uni agli altri con un cemento che li riduca a formar tutti un corpo solo, comporranno la volta ABC, tutte le parti della quale saranno in equilibrio (20).

Volendosi far uso di questa curva, son d'avviso che si dovrebbero avvicinare le due estremità G ed H, perchè fossero disposte come EA ed FC, e non come le EG ed FH, che non sarebbero opportune in pratica perchè l'origine della volta formerebbe un gomito col piedritto che nuocerebbe all'effetto ottico. È sano consiglio l'approfittare delle norme additate dalla teorica, ma in pratica non fa poi duopo di scrupolosamente seguirle. Nel secondo tomo dell'*Analisi dimostrata* del R. P. Reynean si troverà l'equazione della catenaria e la maniera di descrivere questa curva (*a*).

APPLICAZIONE

Volendosi descrivere una volta naturale di data larghezza ed altezza, si conduca su di una superficie verticale (fig. 68) una linea CD eguale alla larghezza della volta, si abbassi dal punto E di mezzo della CD la perpendicolare EF, eguale all'altezza che le si vuole assegnare, poi attacchisi la estremità della catena al punto C, e si porti l'altra estremità verso D, ed ivi si attacchi quando pel proprio peso la catena tocchi l'estremità F della perpendicolare; dopo ciò, seguendo con una matita l'andamento della catena, senza farla movere, si descriva la curva, la figura del centino della volta, il profilo dei cunei ec.

(20) V. le Note del Navier.

(*a*) V. Anche Elementi di Meccanica di Giuseppe Venturoli Professore di Matematica applicata nella R. Università di Bologna.

Coloro che soglion far costruir delle volte senza guardar tanto pel sottile non faranno forse gran caso delle due precedenti proposizioni: ed io non le ho qui portate che per quelli che aman conoscere tutto ciò che ha qualche rapporto colla profession loro. Nè credasi già che non se ne possa far uso, perchè la prima ne insegna come per render solide le volte sia ben fatto fortificarne più che sia possibile i reni, segnatamente verso i piedritti, per dare, a così dire un contrappeso alla spinta dei cunei superiori.

PROPOSIZIONE SESTA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai fianchi dei ponti in muratura.

§ 41. Il modo di regolare la grossezza dei fianchi dei ponti, è un problema che appartiene a questo libro, perchè se i ponti son composti di archi, e gli archi non son altro che volte, dipende la sua soluzione dalle regole che abbiamo testè additate, o per dir meglio, non faremo che applicare le regole stesse con qualche parziale modificazione ai ponti in muratura.

Suppongasi che si tratti di un ponte di un solo arco a tutto sesto, come nella figura 67, la cui grossezza G D è determinata, come pure il diametro B I e l'altezza B S dalla risega dei fondamenti sino all'origine dell'arco, e che si voglia conoscere la grossezza P S o M Q da darsi al fianco M S, perchè sia in equilibrio colla spinta che deve sopportare. Ciò posto, notisi che i fianchi d'un ponte possono costruirsi in due diverse maniere. La prima è di fare un corpo di muratura come S Z, figura 70, la cui altezza Z P o B S non sorpassi l'origine dell'arco, la seconda è d'innalzare il fianco sin verso la metà delle reni dell'arco per renderlo atto a meglio sopportare lo sforzo della parte superiore come nella fig. 67, ed a questa ci appiglieremo, siccome la più conforme all'uso. Diviso il quadrante B D in due parti eguali in C, si conduca il raggio A F; e divisa pure la F C in due parti eguali in L, per questo punto si conduca la M K parallela al diametro B I, che determinerà l'altezza del fianco; prolungata poi la S B sino al punto Q della circonferenza si condurrà il raggio A Q, e quindi le L O, L V ed O P, come al solito.

Per ridurre ad equazione la spinta dell'arco e la resistenza dei fianchi, chiameremo $LK = KA = a$; $BV = c$; $MP = d$; $SY = g$; $PS = y$; la superficie $CFGD = n^2$, e la $BQFC = h^2$; come pure sarà $MN = ML = c + y$; ed $NP = f - y$, supponendo $f = d - c$.

Ora (§ 14) è noto che il prodotto di C F G D per l'ipotenusa N P del triangolo N O P, trattandosi d'una volta o d'un arco a tutto sesto, dà una espressione eguale alla potenza capace di bilanciare la spinta della parte FDCG; questa spinta dovrà far equilibrio alla resistenza del piedritto P M Q S e della parte B Q F C, cioè con dy ed h^2 moltiplicate per $\frac{1}{2}y$ ed $y+g$ loro rispettivi bracci di leva: Si avrà dunque l'equazione

$n^2(f-y) = \frac{1}{2}dy^2 + h^2(y+g)$, che sciolta per y e fatto $p = \frac{h^2+n^2}{d}$;

$$\text{dà } y = -p \pm \sqrt{\left\{p^2 - \frac{2}{d}(gh^2 - fn^2)\right\}}$$

APPLICAZIONE

Supponghasi il diametro eguale a 72 piedi, D G = 6, B S = 12; sarà A L = 39 e B V o c = 8 piedi, 5 poll., ed L V = 27 piedi, 7 poll.; quindi M P = 39 piedi, 7 poll.; f = 31 piedi, 2 poll. ed n^2 = 184 piedi quadrati.

Quanto a B Q F C, notisi ora che la B Q è media proporzionale fra le parti E B e B H del diametro E H; sicchè si troverà B Q eguale alla radice quadrata del prodotto di 6 piedi per 78, cioè 21 piedi, 6 pollici e 6 linee, con cui si avrà la superficie del triangolo A B Q, di 389 piedi e 3 pollici. Cercando adesso il valore del settore E A Q che è di 477 piedi e 3 pollici, vi si sottrarrà quello del triangolo A B Q; la differenza sarà 88 piedi pel segmento E B Q, che sottratto pure da 184 piedi, valore di E F C B, la differenza sarà di 96 per la parte B Q F C, ossia pel valore di h^2. Inoltre il centro di gravità di questa parte trovandosi nel punto X, si vedrà che la perpendicolare X Y viene a cadere quasi a 2 piedi e 9 pollici dal punto S. E cercato finalmente il valora di p che si troverà eguale press'apoco a 7 piedi ed un pollice, e sostituiti tutti i valori nell'equazione trovata si avrà y = 11 piedi.

OSSERVAZIONE I.

§ 42. Si potrà nella pratica trascurare la parte B Q F C, che rende assai complicato questo problema, e tener sol conto del cuneo C F G D e del fianco M S: allora l'equazione sarà molto più semplice perchè si avrà nello stato d'equilibrio $fn^2 = \frac{1}{2} d y^2 + n^2 y$ che sciolta per y mi dà $y = -\frac{n^2}{d} \pm \sqrt{\frac{n^2}{d}\left(2f + \frac{n^2}{d}\right)}$; e si avrà il valore numerico di y sostituendo in essa quelli delle lettere, cercati prima quelli delle linee L V ed V B, e della superficie C F G D.

La grossezza del fianco sarà maggiore di quanto è necessario, pel puro equilibrio, poichè calcolata quest'ultima equazione trovasi y = 13 piedi 2 pollici e 8 linee in vece di 11; ma siccome più che dell'equilibrio trattasi di opporre una resistenza maggiore della potenza sarà meglio per facilità di calcolo e per maggiore solidità dell'opera, trascurare, come abbiam detto, la parte B Q F C.

OSSERVAZIONE II.

§ 43. Cercando la grossezza da darsi ai fianchi, non abbiamo avuto in considerazione il peso di che può essere oltre al proprio sopraccaricato l'arco, o pei materiali di cui dee formarsi la strada, o pei traini che debbono passarvi sopra, lasciando all'accorgimento di chi imprende la direzione di siffatte opere, l'aumentare la grossezza di tanto quanto sarà da loro giudicato opportuno: e credo che un sesto più di ciò che è dato dal calcolo, sia il massimo aumento che possa farsi; cioè in vece di 13 piedi, 2 pollici ed 8 linee gli si dovrrebbero assegnare 15 piedi e mezzo.

OSSERVAZIONE III.

§ 44. Abbiam supposto un sol punto d'un arco, perchè se ne avessimo anche un numero maggiore, considereremmo soltanto la spinta del primo

e dell'ultimo per oppor loro dei fianchi; giacchè gli altri mantengonsi acambievolmente in equilibrio, sui piloni che li sopportano, a meno che questi archi non sieno molto maggiori di quelli dell'estremità del ponte; potendo allora avvenire che la spinta di questi piccoli archi fosse aumentata da quella degli altri più grandi.

OSSERVAZIONE IV.

§ 45. Quando si costruiscono archi di straordinaria grandezza, e si è costretti a dare molta grossezza ai fianchi, si può, per risparmio di muratura, dar molta acarpa alle estremità del fianco, come a cagion d'esempio un terzo o un quarto dell' altezza, o praticarvi dei contrafforti come ai paragrafi 17 e 20 si è insegnato.

OSSERVAZIONE V.

§ 46. Se in vece d'un arco a tutto sesto se ne avesse uno scemo, troverebbesi la grossezza da darsi ai fianchi attenendosi a quanto fu detto ai § 30 e 31, giacchè, eccettuate alcune particolarità, che non si danno nel caso delle vôlte, tutto il resto è lo stesso.

PROPOSIZIONE SETTIMA

PROBLEMA

§ 47. Trovare lo spessore de' cunei dal loro intradosso al loro estradosso, e la grossezza dei piloni per archi d'ogni dimensione.

In tutti gli edifici ov'entrino vôlte, dee reguare una certa proporzione nelle dimensioni delle loro parti, da cui dipende tutta la solidità. Al proposito, per esempio, dei ponti, abbiamo veduto come fosse necessario un rapporto d'eguaglianza tra la resistenza dei fianchi e la spinta degli archi. Ma siccome gli archi possono essere di differente grandezza, bisogna assolutamente che la loro grossezza sia proporzionata alla loro apertura, perchè quello che sarà largo 12 o 15 tese resista tanto al peso dei materiali e dei traini, di cui può essere sopraccaricato, quanto un altro che fosse di 12 o 15 piedi. Ma la soluzione di questo Problema più dipende dall'intelligenza di coloro che dirigono le opere che dalla geometria; per la qual cosa pare miglior avviso l'attenersi all'esperienza, cioè esaminare accuratamente i monumenti antichi di tal natura, perchè riconosciuta le qualità delle pietre adoperatevi, e lo spessore dei cunei, secondo la diversa grandezza degli archi, si possa calcolare una tavola da servire in tutti i casi che si presentano, come ha fatto Gauthier che più di tutti poteva colorire un tale disegno, avendo veduti e descritti parecchi ponti che gli antichi e i moderni costrussero in Francia. Si troverà qui dunque la tavola (21), da lui calcolata per lo spessore de'cunei; si vedrà che considerò le pietre dure e le pietre tenere perchè si potesse ricorrere alla colonna, in cui la pietra avesse qualche rapporto con quella che si vuole adoperare. A chi non conosce abbastanza tali opere sarà maraviglia il trovare nella colonna, in cui si suppone la pietra tenera, cunei di otto ed anche di 9 piedi di lunghezza, per le difficoltà che si hanno ad aver pietre di

(21) V. le Note del Navier.

sì grande apparecchio, ma non pretendesi già che sieno questi cunei assolutamente d'un solo pezzo, perchè quando mancano pezzi abbastanza grandi, si allungano per formarne i cunei così detti *interminati*. Così si è adoperato per costruire il Ponte Reale delle Tuilerie a Parigi.

La larghezza da assegnarsi ai piloni dei ponti rispetto all'apertura degli archi, è ancora una difficoltà sulla quale dissentono gli architetti, e che la geometria sembra non poter sciogliere, come quella che assolutamente dipende dalla consistenza della pietra, perchè trattandosi di rendere i piloni abbastanza forti per sopportare il peso degli archi, e tutto ciò di che possono essere sopraccaricati, è chiaro che quel pilone, il quale avrà soltanto una mediocre larghezza e sarà costrutto in buona e grande pietra da taglio, non sosterrà un arco di quindici tese d'apertura più di quello che un altro pilone di larghezza due volte maggiore, ma che avesse soltanto il paramento in pietra dura e l'interno riempiuto di cattivi materiali, ne sopportasse uno di otto tese. È dunque necessario il servirsi di buona pietra, per non essere poi costretti a dar troppa larghezza ai piloni: se il letto del fiume sul quale vuolsi costruire il ponte è angusto, è a temersi che trovandosi rigurgitata la corrente dell'acqua rovesci in tempo di grandi inondazioni il ponte, com'è spesse volte accaduto. Un altro inconveniente dei piloni troppo larghi, è che i loro tagliacqua offrono grandi superficie, che presentano maggiore impedimento ai ghiacci trasportati dal fiume, e le violenti scosse che sopravvengono allora possono mettere il ponte in pericolo, come accadde al Pont-Marie a Parigi. Ma per attenersi ad una regola che determina la larghezza dei piloni, credo che sia più opportuno dar loro la quinta parte della larghezza degli archi; cioè a cagion d'esempio, se si ha un ponte composto di cinque archi, e quello di mezzo abbia 60 piedi di corda, i piloni che lo sostengono debbono averne dodici di larghezza; che se gli archi collaterali abbiano per ciascuno a dritta e a sinistra 50 p. d'apertura i piloni corrispondenti ne avranno 10. Non bisogna però seguire sino allo scrupolo questa proporzione, massimamente quando s'incontrino circostanze tali che persuaderanno a dare ai piloni maggiore o minore larghezza, secondo che verrà richiesto dalla buona o cattiva qualità dei materiali.

Credo utile il far qui notare che gli archi dei ponti devono essere in numero dispari, perchè se ne abbia uno grande di mezzo, che lasci più libero passaggio alla corrente dell'acqua ed alle grandi barche.

TAVOLA

Per conoscere la grossezza dei cunei dall' intradosso all' estradosso per archi d' ogni ampiezza.

AMPIEZZA degli archi		CUNEI in pietra dura		CUNEI in pietra tenera		AMPIEZZA degli archi		CUNEI in pietra dura		CUNEI in pietra tenera	
piedi	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
1	0,3249	1 1 6	0,3655	1 6 0	0,4873	29	9,4204	2 2 6	0,7174	2 11 9	0,9678
2	0,6497	1 1 0	0,3520	1 7 2	0,5189	30	9,7452	2 3 0	0,7309	3 0 0	0,9746
3	0,9746	1 1 6	0,3655	1 8 4	0,5504	31	10,0701	2 3 6	0,7445	3 0 10	0,9971
4	1,2994	1 2 0	0,3790	1 9 6	0,5821	32	10,3949	2 4 0	0,7580	3 1 8	1,0197
5	1,6242	1 2 6	0,3926	1 10 8	0,6135	33	10,7197	2 4 6	0,7715	3 2 6	1,0422
6	1,9491	1 3 0	0,4051	2 0 0	0,6497	34	11,0446	2 5 0	0,7851	3 3 0	1,0558
7	2,2739	1 3 6	0,4186	2 0 8	0,6678	35	11,3694	2 5 6	0,7986	3 3 10	1,0783
8	2,5988	1 4 0	0,4332	2 1 6	0,6903	36	11,6943	2 6 0	0,8121	3 4 0	1,0828
9	2,9236	1 4 6	0,4466	2 2 3	0,7106	37	12,0191	2 6 6	0,8257	3 4 6	1,0964
10	3,2484	1 5 0	0,4602	2 3 0	0,7309	38	12,3439	2 7 0	0,8372	3 5 0	1,1099
11	3,5733	1 5 6	0,4738	2 4 0	0,7580	39	12,6687	2 7 6	0,8527	3 5 6	1,1235
12	3,8981	1 6 0	0,4873	2 4 6	0,7716	40	12,9936	2 8 0	0,8664	3 8 0	1,1912
13	4,2230	1 6 6	0,5008	2 5 0	0,7851	41	13,3184	2 8 10	0,8888	3 8 10	1,2182
14	4,5478	1 7 0	0,5144	2 6 0	0,8121	42	13,6434	2 9 8	0,9114	3 9 8	1,2452
15	4,8726	1 7 6	0,5279	2 6 9	0,8324	43	13,9681	2 10 6	0,9340	3 10 6	1,2589
16	5,1975	1 8 0	0,5414	2 7 0	0,8372	44	14,2930	2 11 4	0,9565	3 11 4	1,2812
17	5,5223	1 8 6	0,5550	2 8 0	0,8664	45	14,6178	3 0 0	0,9746	4 0 0	1,2994
18	5,8472	1 9 0	0,5685	2 9 0	0,8932	46	14,9426	3 0 10	0,9971	4 0 10	1,3220
19	6,1720	1 9 6	0,5821	2 9 3	0,9001	47	15,2675	3 1 8	1,0197	4 1 8	1,3445
20	6,4968	1 10 0	0,5956	2 9 6	0,9104	48	15,5924	3 2 6	1,0422	4 2 6	1,3696
21	6,8217	1 10 6	0,6091	2 9 9	0,9136	49	15,9172	3 3 4	1,0648	4 3 0	1,3797
22	7,1465	1 11 0	0,6227	2 10 0	0,9204	50	16,2420	3 4 0	1,0828	4 3 10	1,4023
23	7,4713	1 11 6	0,6362	2 10 3	0,9271	51	16,5668	3 4 10	1,1054	4 4 8	1,4259
24	7,7962	2 0 0	0,6497	2 10 6	0,9339	52	16,8918	3 5 8	1,1280	4 5 6	1,4483
25	8,1210	2 0 6	0,6633	2 10 9	0,9407	53	17,2165	3 6 6	1,1506	4 6 4	1,4710
26	8,4459	2 1 0	0,6768	2 11 0	0,9475	54	17,5414	3 7 4	1,1730	4 7 2	1,4934
27	8,7707	2 1 6	0,6903	2 11 3	0,9543	55	17,8662	3 8 0	1,1912	4 8 0	1,5162
28	9,0955	2 2 0	0,7039	2 11 6	0,9611	56	18,1910	3 8 10	1,2182	4 8 10	1,5385

CONTINUAZIONE DELLA TAVOLA

AMPIEZZA degli archi		CUNEI in pietra dura		CUNEI in pietra tenera		AMPIEZZA degli archi		CUNEI in pietra dura		CUNEI in pietra tenera	
piedi	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
57	18,5159	3 9 8	1,2452	4 9 7	1,5610	89	28,9107	5 11 4	1,9311	6 11 2	2,2515
58	18,8408	3 10 6	1,2589	4 10 3	1,5769	90	29,2356	6 0 0	1,9491	7 0 0	2,2739
59	19,1655	3 11 4	1,2812	4 11 2	1,6060	91	29,5604	6 0 10	1,9716	7 0 10	2,2965
60	19,4904	4 0 0	1,2994	5 0 0	1,6242	92	29,8852	6 1 8	1,9942	7 1 8	2,3190
61	19,8152	4 0 10	1,3220	5 0 10	1,6468	93	30,2101	6 2 6	2,0168	7 2 6	2,3416
62	20,1402	4 1 8	1,3445	5 1 8	1,6694	94	30,5349	6 3 4	2,0393	7 3 0	2,3551
63	20,4651	4 2 6	1,3696	5 2 6	1,6919	95	30,8598	6 4 0	2,0574	7 3 10	2,3769
64	20,7898	4 3 4	1,3896	5 3 0	1,7055	96	31,1846	6 4 10	2,0799	7 4 8	2,4005
65	21,1150	4 4 0	1,4097	5 3 10	1,7281	97	31,5094	6 5 8	2,1025	7 5 6	2,4229
66	21,4394	4 4 10	1,4469	5 4 8	1,7497	98	31,8333	6 6 6	2,1251	7 6 4	2,4456
67	21,7043	4 5 8	1,4695	5 5 6	1,7933	99	32,1591	6 7 4	2,1476	7 7 2	2,4680
68	22,0891	4 6 6	1,4920	5 6 4	1,7957	100	32,4840	6 8 0	2,1656	7 8 0	2,4905
69	22,4139	4 7 0	1,5056	5 7 2	1,8182	101	32,8088	6 8 10	2,1882	7 8 10	2,5130
70	22,7388	4 7 6	1,5191	5 8 0	1,8408	102	33,1336	6 9 8	2,2108	7 9 7	2,5355
71	23,0636	4 8 10	1,5385	5 8 10	1,8634	103	33,4585	6 10 6	2,2333	7 10 3	2,5514
72	23,3885	4 9 8	1,5611	5 9 7	1,8858	104	33,7833	6 11 4	2,2559	7 11 2	2,5763
73	23,7133	4 10 6	1,5836	5 10 3	1,9018	105	34,1081	7 0 0	2,2739	8 0 0	2,5988
74	24,0381	4 11 4	1,6062	5 11 2	1,9266	106	34,4330	7 0 10	2,2965	8 0 10	2,6213
75	24,3630	5 0 0	1,6242	6 0 0	1,9491	107	34,7578	7 1 8	2,3190	8 1 8	2,6440
76	24,6878	5 0 10	1,6468	6 0 10	1,9716	108	35,0827	7 2 6	2,3416	8 2 6	2,6665
77	25,0126	5 1 8	1,6694	6 1 8	1,9942	109	35,4075	7 3 4	2,3641	8 3 0	2,6801
78	25,3375	5 2 6	1,6919	6 2 6	2,0168	110	35,7324	7 4 0	2,3822	8 3 10	2,7027
79	25,6623	5 3 4	1,7145	6 3 0	2,0520	111	36,0571	7 4 10	2,4048	8 4 8	2,7243
80	25,9872	5 4 0	1,7325	6 3 10	2,0529	112	36,3820	7 5 8	2,4273	8 5 6	2,7479
81	26,3120	5 4 10	1,7551	6 4 8	2,0854	113	36,7069	7 6 6	2,4499	8 6 4	2,7703
82	26,6368	5 5 8	1,7776	6 5 6	2,0981	114	37,0317	7 7 4	2,4724	8 7 2	2,7928
83	26,9617	5 6 6	1,8002	6 6 4	2,1206	115	37,3565	7 8 0	2,4905	8 8 0	2,8154
84	27,2865	5 7 4	1,8227	6 7 2	2,1432	116	37,6814	7 8 10	2,5130	8 8 10	2,8380
85	27,6114	5 8 0	1,8408	6 8 0	2,1656	117	38,0062	7 9 8	2,5356	8 9 7	2,8604
86	27,9362	5 8 10	1,8634	6 8 10	2,1882	118	38,3320	7 10 6	2,5581	8 10 3	2,8764
87	28,2610	5 9 8	1,8859	6 9 7	2,2107	119	38,6559	7 11 4	2,5807	8 11 2	2,9011
88	28,5859	5 10 6	1,9085	6 10 3	2,2265	120	38,9807	7 0 0	2,5988	9 0 0	2,9236

CAPITOLO QUARTO

Regole per trovare la grossezza dei piedritti d'ogni specie di vôlte, col solo calcolo numerico, adattate all'intelligenza di chi non conosce l'algebra.

§ 48. Ho promesso al principio di questo secondo libro che avrei dato delle regole per trovare la grossezza dei piedritti delle vôlte, senza ricorrere all'algebra, e avrei con ciò appagati i desiderii di coloro, i quali, comechè valentissimi in fatto d'Architettura militare e civile, non si sono però applicati al calcolo generale. Scrivendosi pel Pubblico, e trattandosi d'opere di tal genere, è necessario il farsi intendere più che sia possibile da tutti, e segnatamente da chi, pago di conoscere la pratica delle cose, non sdegna di fidarsi alla buona fede d'un autore: fiducia che è ben necessario l'avere quando non si può giudicar da sè stessi. Inoltre siccome parecchie verità non possono spiegarsi senza preliminari cognizioni, non è sempre in poter nostro il farci intendere da chi non conosce il linguaggio di cui è d'uopo valersi, per la qual cosa ad onta delle più chiare espressioni non si cessa per questo d'essere oscuri.

Per raggiungere adunque il mio scopo, non farò alcuna delle supposizioni già fatte nei capitoli precedenti, e sarà come s'io cominciassi solo adesso a parlar delle vôlte; il che mi obbligherà a necessarie repliche. — Ma spero saranno gradite a' miei leggitori le successive proposizioni che li esentano da un calcolo più complicato. Ed è bene il sapere che le operazioni seguenti sono state dedotte dalle formole algebraiche date dalle proposizioni del secondo e terzo capitolo, e che io senza di esse non avrei potuto immaginare. I calcoli son più brevi avendo io trascurato alcuna delle circostanze non essenziali, per cui però se si perde alcun poco dal lato dell'esattezza geometrica, si guadagna da quello della solidità, e si vedrà in fatti che la grossezza dei piedritti che troveremo sarà maggiore di due o tre pollici di quanto avremmo ottenuto colle più esatte regole.

PROPOSIZIONE PRIMA

PROBLEMA

Trovare la grossezza dei piedritti d'una vôlta a tutto sesto, perchè sieno in equilibrio colla spinta che devono sopportare.

§ 49. Volendosi conoscere la grossezza da darsi ai piedritti d'una vôlta di qualsivoglia figura, sia a tutto sesto, elittica, o a sesto acuto ec. bisogna prima di tutto conoscere quattro cose essenziali, la prima la larghezza e l'altezza della vôlta in opera; la seconda la grossezza della vôlta ai reni; la terza la sua figura esterna, e la quarta l'altezza dei piedritti. Basta finalmente sapere un po' di geometria pratica e l'estrazione della radice quadrata, per trovare il rimanente, siccome vedremo negli esempi seguenti.

PRIMO ESEMPIO

§ 50. Sia data una vôlta a tutto sesto, l'estradosso della quale sia circolare come nella fig. 49 che considereremo indipendentemente dalle li-

nee, di cui non faremo menzione: si suppone l'altezza B S dei piedritti di 15 piedi, il raggio A B di 12, e la grossezza della volta di 3 piedi; e quindi il raggio E A od A F sarà di 15. Ciò posto per trovare la grossezza P S dei piedritti, bisogna proporsi quattro operazioni.

Per la prima, bisogna cercare la superficie dei due cerchi di raggio A B ed A E (cioè 12 e 15 piedi), prendere il quarto della loro differenza (e si avranno 64 piedi quadrati) che bisognerà dividere per l'altezza del piedritto (cioè piedi 15) ed il quoziente sarà 4 piedi, 3 pollici e 4 linee, che noi chiameremo primo termine.

Per la seconda, sommare col raggio A C la metà della grossezza della volta, per avere la linea A L di 13 piedi e mezzo, di cui fatto il quadrato, presane la metà, ed estratta la radice quadrata si avranno 9 piedi e 10 pollici, che sommati coll' altezza del piedritto daranno 24 piedi e 10 pollici, quantità che noi chiameremo secondo termine.

Per la terza, bisogna sommare il primo col secondo termine (cioè 4 piedi, 3 pollici e 4 linee, con 24 piedi e 10 pollici) per avere 24 piedi, un pollice e quattro linee, che moltiplicati pel primo termine (4 piedi, 3 pollici e quattro linee) darà 124 piedi, 6 pollici e 4 linee per prodotto e per valore del terzo termine.

Per la quarta operazione finalmente bisogna estrarre la radice quadrata del terzo termine, cioè di 124 piedi, 6 pollici e quattro linee, che è 11 piedi, 1 pollice ed 8 linee circa, sottrarvi il valore del primo cioè 4 piedi, 3 pollici e quattro linee; e la differenza, 6 piedi, 4 pollici e 4 linee, sarà la grossezza da darsi ai piedritti.

SECONDO ESEMPIO

§ 51. Se si avesse una volta a tutto sesto, l'estradosso della quale non fosse circolare ma terminato da due piani G H e G I, come nella figura 52 si troverà la grossezza dei suoi piedritti eseguendo ancora quattro operazioni simili alle precedenti, giacchè solamente la prima varia d' alquanto, non essendo eguale la volta.

Supposto il raggio A B di 12 piedi, l'altezza B S dei piedritti di 15, la grossezza F C di 3 nella metà delle reni, e l'angolo H G I retto, si avrà il quadrato A F G W, di cui il lato A F sarà di 15 piedi.

Ciò posto per la prima operazione bisognerà cercare la superficie del quadrato G F A W, sottrarne il quadrante circolare C A Y, e dividerne la differenza, che sarà di 112 piedi, per l'altezza B S dei piedritti, cioè per 15 piedi, e il quoziente darà 7 piedi, 5 pollici e 7 linee pel valore del primo termine.

La seconda operazione sarà di sommare la metà della grossezza della volta F C col raggio A B per avere la linea L A di 13 piedi e mezzo, dalla metà del cui quadrato estratta la radice (che sarà di 9 piedi e 10 pollici) e sommata coll'altezza del piedritto, si avrà 24 piedi e 10 pollici per secondo termine.

Per terza operazione bisogna sommare il primo termine (7 piedi, 5 pollici e 7 linee) col secondo (24 piedi e 10 pollici) moltiplicare la loro somma pel primo, ed il prodotto 241 piedi, 1 pollice e 3 linee sarà il terzo termine.

Finalmente per quarta operazione, si estrarrà la radice quadrata dal

terzo termine che sarà 15 piedi, 6 pollici e due linee; da cui sottratto il valore del primo termine 7 piedi, 5 pollici e 7 linee; si avrà per la differenza e la grossezza da darsi ai piedritti 8 piedi e 7 linee.

OSSERVAZIONE

§ 52. Ho supposto che l'angolo H G I fosse retto; ma se fosse ottuso od acuto, bisognerebbe ancora cercare la superficie del quadrilatero A F G W, e sottrarne sempre il quadrante circolare C A Y; perchè, sia qual si voglia questo quadrilatero, si avrà sempre la grossezza G D alla sommità della volta, e quindi la G A, la A F e l'angolo F A G, che basteranno per conoscere il rimanente.

TERZO ESEMPIO

§ 53. Se la parte superiore della volta fosse terminata da una piattaforma, come nella fig. 53, basterà conoscere la grossezza G D di questa volta alla chiave, il raggio A B e l'altezza B S dei piedritti, per averne la grossezza P S, eseguendo ancora quattro operazioni.

Per la prima bisognerà quadrare la G A composta del raggio e della grossezza della volta; dal prodotto sottrarre il quadrante circolare C A Y, e dividerne la differenza per l'altezza dei piedritti, e con ciò avremo il primo termine; quanto alle altre tre operazioni, è inutile ripeterle, perchè simili a quelle de' precedenti esempi.

PROPOSIZIONE SECONDA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai piedritti delle vôlte elittiche o sceme.

§ 54. Per comprendere questo problema, consiglio a chi non ha ben posto mente al capitolo precedente di leggere con attenzione il § 30, ove è indicato il modo di costruire un'elisse, e questo basterà per poter seguirmi in quanto sono per dire.

Data una volta elittica, come nella figura 61, di cui si conoscono i semiassi B H ed H D, si comincierà dal dividere il quadrante elittico B D in due parti eguali nel punto L, da cui si abbasseranno su D H ed H B le perpendicolari L K ed L V, delle quali si cercheranno i valori colla scala; e supposto B H = 12 piedi, H D = 8, si troverà L K o V H di 7 piedi, 6 pollici ed L V = K H = 6 piedi e 3 pollici; e fatto B S = 15 piedi, come al solito, per averne la grossezza, si dovranno eseguire cinque operazioni.

Per la prima stando il quadrato di D H (di 6 piedi e 5 pollici) con quello di B H (di 144), nell'egual rapporto della linea K H (di 6 piedi e 4 pollici) alla K A, quest'ultima si troverà di 14 piedi, 9 linee, primo termine.

Per la seconda operazione, bisognerà cercare la superficie delle due elissi, la prima delle quali avrà per semiassi B H ed H D (di 12 piedi e di 8) e la seconda per semiassi H E ed H G (di 15 piedi e di 4), perchè supponesi che la volta abbia ancora 3 piedi di grossezza: si sottrarrà la piccola elisse dalla grande, si prenderà la quarta parte della differenza

che si troverà di 54 piedi, e che divisa per l'altezza del piedritto darà per quoziente 3 piedi, 2 pollici e 4 linee, secondo termine.

Per la terza operazione sommata la L V coll'altezza del piedritto, per avere 21 piedi e 3 pollici, che bisogna moltiplicare pel primo termine, e diviso il prodotto pel valore di L K, il quoziente sarà di 41 piede, e 10 pollici, pel terzo termine.

Quanto poi alla quarta, bisogna sommare il secondo termine col terzo per avere 41 piedi e 10 pollici, che si moltiplicheranno pel valor del secondo, cioè per 3 piedi e due pollici, ed il prodotto sarà di 144 circa per quarto termine.

Finalmente la quinta operazione si eseguirà estraendo la radice quadrata del quarto termine, che sarà di 12 piedi, dalla quale bisogna sottrarre il secondo (3 piedi, 2 pollici e 4 linee), e la differenza darà 8 piedi, 9 pollici ed 8 linee per la grossezza dei piedritti.

OSSERVAZIONE

§ 55. Se l'estradosso d'una vòlta (fig. 61), anzichè essere elittico fosse terminato dai due piani 5 6, e 5 4 come si fa pei magazzini da polvere e pei sotterranei, invece di fare quanto è stato detto per la seconda operazione, bisognerebbe cercare la superficie del quadrilatero A F 5 3, formato dall'angolo F 5 3 e le due linee A F ed A 3, che furono condotte dai punti di mezzo L e 2 dei quadranti elittici D B e D 7 al punto A trovato colla prima operazione, sottrarne la figura mistilinea A L D 2 e dividere il resto per l'altezza del piedritto, per avere un quoziente che darà il secondo termine: quanto alle altre operazioni, sono le medesime di quelle che già abbiamo accennate.

PROPOSIZIONE TERZA

PROBLEMA

Trovar la grossezza da darsi ai piedritti delle vòlte a sesto acuto.

§ 56. Volendosi conoscere la grossezza dei piedritti d'una vòlta a sesto acuto bisogna conoscere a quale distanza siano i punti G ed H (fig. 62), centri dei due archi della vòlta, dal punto A di mezzo della B I, essendo arbitraria la loro posizione, e dipendente dalla maggiore o minore altezza che si vuol dare alla vòlta, bisogna sapere come si sono determinati, e sempre nella linea B I, perchè se si trovassero al di sopra o al di sotto, come ho veduto in qualche opera molto male ideata, la vòlta sarebbe difettosissima formando la sua imposta un gomito col piedritto, ed avrebbe minor forza per resistere all'urto delle bombe, se la si costruisse per coprire un magazzino da polvere o qualch'altro edifizio militare. Supporremo dunque che si trovino ne' rispettivi punti di mezzo della B A ed A I, che essendo ciascuna di 12 piedi, H B o H D sarà di 18 ed H A di 6: dall'altra parte facendo la vòlta di 3 piedi di grossezza, e dando ancora quindici piedi all'altezza B S dei piedritti, si troverà il resto eseguendo le cinque operazioni seguenti.

Per la prima operazione si cerchi l'angolo A H D del triangolo rettangolo D A H, del quale si conoscono i due lati D H ed H A, e si troverà di 70°, 30'.

Per la seconda bisogna cercare la superficie dei due cerchi di raggio HB ed HE, di 18 e 21 piedi e prenderne la differenza, che si troverà di 368 piedi quadrati, poi dire: 360° sta al valore dell' angolo DHB di 70°, 30', come la differenza dei due cerchi sta ad un quarto termine, il quale si troverà di 71 piedi, 6 pollici e 4 linee, che divisi per l'altezza 15 dei piedritti, darà per quoziente 4 piedi, 9 pollici e 3 linee, primo termine.

Per la terza, condotta la HF pel punto di mezzo dell' arco BD (che darà, per la prima operazione, l' angolo LHV, di 35°, 15') e dal punto L metà di FC, calata la perpendicolare LV, si avrà il triangolo rettangolo LVH, di cui si conoscono gli angoli ed il lato HL di 19 piedi e mezzo; indi si troveranno coi calcoli ordinarii LV eguale ad 11 piedi e 3 pollici, e VH = 16 piedi; e per non confondere queste due grandezze nei successivi calcoli, chiameremo gli 11 piedi e 3 pollici, secondo termine, e terzo termine li 16 piedi.

Per la quarta operazione sommato il secondo termine coll' altezza del piedritto, e moltiplicato il tutto per lo stesso secondo termine, si divida il prodotto pel terzo termine, e sommato il quoziente col primo e moltiplicata quindi la somma per lo stesso primo termine avremo il prodotto 110 piedi, 9 pollici e 9 linee circa, che sarà il valore del quarto termine.

Per la quinta operazione finalmente, si estrarrà la radice quadrata dal quarto termine, e sarà 10 piedi, 6 pollici, e 2 linee circa; e vi si sottrarrà il primo termine; la differenza sarà di 5 piedi, 8 pollici, ed 11 linee, grossezza da darsi ai piedritti.

OSSERVAZIONE

§ 57. Se l' estradosso della volta, (fig. 62) anzichè essere curvilineo, come lo abbiamo supposto, fosse terminato dai due piani 54 e 56, bisognerebbe nella seconda operazione cercare il valore del quadrilatero QF 53 (formato dalle 5F e 53 e dalle QF e Q3, condotte dai centri G ed H ai punti di mezzo degli archi DB e DI) e sottrattane la figura mistilinea QCD2, e diviso il resto per l' altezza dei piedritti, il quoto sarà il primo termine. Quanto alle altre operazioni saranno le stesse che già abbiamo indicate.

PROPOSIZIONE QUARTA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai piedritti che reggono una piattabanda.

§ 58. La piattabanda è una specie di volta foggiata come un liscio soppalco, adoperata più comunemente nei grandi edifici con peristili, come al vecchio Louvre a Parigi, o meglio serve d' architrave alle porte carraie, ed allora siccome questa volta ha molta spinta per sollevarla dal peso che dovrebbe sopportare si fa un arco di scarico, come è già stato detto. Il signor Abeille ingegnere del canale di Picardia, ha immaginato una ingegnosissima costruzione di piattabanda; il taglio de' cunei è di foggia singolare, e molto contribuisce a diminuire la spinta che dovrebbero sopportare i piedritti.

Volendosi formare una piattabanda L D E F (fig. 63) si costruisce su la L F che ne determina l'estensione un triangolo equilatero L A F, del quale il punto A serve di centro per trovare il profilo de' cunei, ed i prolungamenti dei lati A L ed A F in D ed in E indicano le giunture dei due ultimi cunei che si appoggiano sui cuscinetti, sicchè dal trapezio LDEF, è prodotta la spinta che i piedritti debbono sopportare: ora supposta la L F di 24 piedi, la grossezza C K di 3, e l'altezza L S dei piedritti 15, bisogna per trovarne la grossezza proporsi quattro operazioni.

Per la prima, mediante il triangolo L A K, di cui il lato L A è doppio di L K, si cerchi il valore della K A che si troverà di 20 piedi, 9 pollici, e quattro linee, primo termine.

Per la seconda si cerchi la superficie del trapezio L D C K, che sarà di 38 piedi e 3 pollici circa, e dividendola per l'altezza del piedritto, si avranno 2 piedi, 6 pollici e 7 linee, secondo termine.

Per la terza, diviso il valore di A K per la quarta parte della larghezza L F della piattabanda, si moltiplichi il quoto 3 piedi, 5 pollici e tre linee per la superficie del trapezio L D C K, ed il prodotto sarà di 2 piedi, 3 pollici e 4 linee, terzo termine.

Finalmente moltiplicato il quadrato del secondo pel primo termine, estratta dal prodotto la radice quadrata si avranno 11 piedi, 9 pollici e 4 linee, e sottratto da questi il valore del secondo termine, la differenza 9 piedi, 2 pollici e 9 linee sarà la grossezza da darsi ai piedritti per sopportare la spinta della piattabanda nello stato d'equilibrio.

OSSERVAZIONE

§ 59. Benchè le regole da noi additate nei quattro precedenti problemi diano una grossezza maggiore della necessaria ai piedritti perchè sieno in equilibrio colla spinta che debbono sopportare, si noti che non basta in pratica questo piccolo aumento, essendo necessario che la potenza resistente sia sempre maggior dell'agente, perchè l'opera riesca più solida; per la qual cosa sarà sano consiglio accrescere la grossezza d'una sesta parte di quanto è risultato dal calcolo; od anche, se si vuole, si potrà senza fare alcun aumento, fortificare i piedritti con contrafforti, partito migliore e più conforme all'uso, almeno quando si tratti di opere che abbiano rapporto colle fortificazioni, le sole che io abbia prese in disamina. Perchè e nei capitoli precedenti ed in questo avrei potuto parlare della costruzione delle volte delle Chiese, e di quelle d'altri edificj, che domandano leggerezza ed un certo ardimento: forse anche le mie idee a tal proposito potrebbero esser degne dell'attenzione de' curiosi segnatamente, degli architetti; ma non ho voluto tormi dal mio sentiero, nè troppo occuparmi di quanto potrebbe distrarmi dall'altre parti che devono formare il soggetto dell'Opera mia.

Non farò parola nemmeno del modo di determinare la lunghezza dei contrafforti rispetto alla loro grossezza ed alla loro distanza, perchè sarebbe stato forza ricorrere a intralciatissime operazioni, ed avendo chi è incaricato di simili lavori cognizioni sufficienti per regolarsi da sè stessi basteranno le quattro precedenti proposizioni.

PROPOSIZIONE QUINTA

PROBLEMA

Trovare la grossezza da darsi ai fianchi dei ponti in muratura perchè facciano equilibrio alla spinta degli archi.

§ 60. Volendo fare costruire un ponte formato d'un arco a tutto sesto B D I (fig. 67), bisogna dal centro A innalzare la perpendicolare A G, e dividere il quadrante circolare B D, in due parti eguali col raggio A F, poi condurre la M K parallela ad E A, sicchè passi per L punto di mezzo della grossezza F C dell'arco, e questa determinerà l'altezza più conveniente da darsi al fianco M P S Q. Ora supposto il raggio A B di 36 piedi, la grossezza F C o G D di 6, e l'altezza B S di 12, si troverà la grossezza P S del fianco colle quattro operazioni seguenti.

Per la prima, fatto il quadrato di A L = 39 piedi, presane la metà, ed estratta la radice che sarà 27 piedi e 7 pollici si avrà il valore del lato L V o VA del triangolo rettangolo L A V, e in pari tempo la parte B V, di 8 piedi e 5 pollici; poi sommate le L V e B S si avrà l'altezza M P del fianco, di 39 piedi e 7 pollici, che sarà il primo termine.

Per la seconda, trovata la superficie dei cerchi di raggio A D ed A G, presane la differenza ed indi l'ottava parte della differenza stessa, che sarà di 184 piedi quadrati, e divisa questa pel primo termine, si avrà per quoto e per secondo termine 4 piedi, 7 pollici e 9 linee.

Per la terza, sottratta la parte B V dal primo termine, e raddoppiata la differenza, si avranno 62 piedi e 4 pollici per terzo termine.

Finalmente per la quarta moltiplicato il secondo termine per la somma dello stesso secondo termine col terzo, e sottratto dalla radice di questo prodotto il secondo, la differenza sarà di 13 piedi per la grossezza del fianco, e, se giusta la precedente osservazione, si aumenti questa grossezza d'una sesta parte, si avranno 15 piedi e 2 pollici per quella maggiore resistenza da contrapporsi al peso della strada, dei materiali sovraincumbenti, e de' traini che vi dovranno passare (22).

(22) V. le Note del Navier.



LIBRO TERZO



DEI MATERIALI, LORO PROPRIETÀ CARATTERISTICHE, E MODO DI ADOPERARLI.

Prima di parlare della costruzione delle opere di fortificazione che formano l'argomento principale di questo libro, sarà opportuno il far conoscere i materiali necessari alla loro esecuzione, affinchè se ne sappiano distinguere le buone e le cattive qualità. V'hanno parecchie particolarità che formano la parte principale dell'arte di edificare, alle quali mi son proposto di dar qui il conveniente sviluppo. Sembreranno forse troppo comuni e di poco momento a coloro che non hanno mai atteso a quest'opere; ma ove si pensi che per eseguire un progetto, abbisognano piani descrittivi che spieghino le qualità dei materiali che voglionsi porre in uso, ed il modo di adoperarli, si vedrà la necessità d'essere ben istruiti di quanto hanno a soggetto i capitoli seguenti.



CAPITOLO PRIMO

Proprietà delle diverse sorta di pietre che si adoperano per fabbricare.

La pietra occupando il primo posto fra i materiali che ci proponiamo descrivere, cominceremo dall'indicarne la natura. Distinguonsene due diverse qualità l'una dura, e tenera l'altra: la dura è senza dubbio la migliore, benchè qualche rara volta la tenera regga meglio di questa alla forza del gelo; perchè avendo la pietra dura una massa maggiore della tenera sotto un eguale volume, deve presentare una resistenza maggiore all'intemperie delle stagioni ed all'urto dell'acque negli edificj idraulici. Ma per ben conoscere la natura della pietra è necessario mostrare perchè la dura al pari della pietra tenera, sia soggetta al gelo che la sfascia, e la fa cadere in distruzione.

L'acqua e l'umidità racchiuse nei pori della pietra dilatandosi nel trasformarsi in ghiaccio tendono ad occupare uno spazio maggiore, nè

potendo la pietra resistere a questo sforzo si rompe, e ciò tanto più, quanto più sarà composta di parti argillose e grasse che meglio assorbiranno l'umidità.

Nè solamente il gelo distrugge la pietra; credesi che la luna la alteri; il che può accadere per certe specie di pietre le cui parti meno compatte possono essere sciolte dai raggi della luna. In tal caso potrebbesi credere che questi raggi sieno umidi e che introducendosi nei pori della pietra, sieno cagione della scomposizione delle parti che cadono insensibilmente in minuzzoli, il che fa parerle sgretolate. Sarà come sarà, ma son contento che se la luna mangia o sgretola le pietre, la terra che deve essere una luna più grande fa anch' essa la parte sua, e le pietre di là su non stan certo meglio delle nostre.

Nei luoghi ove si vuol fabbricare si potrà giudicare della qualità della pietra delle cave dei dintorni, esaminando quelle di cui si sarà fatto uso nella costruzione di antichi edifici. Ma se vogliasi adoperarne d'una nuova cava non ancora toccata, si prenderanno varii pezzi tolti da diversi luoghi della cava che si lascieranno in un terreno umido per sottoporli all' effetto del gelo d'una parte dell'inverno: se in questa situazione resistono potrà dirsi che la pietra è buona. Possono anche farsi le osservazioni seguenti per conoscere se possano utilmente impiegarsi. Si rifiuteranno quelle d'un color giallo cupo, chè tal colore bene spesso deriva dall' esser la pietra grassa, o dal non aver ancora deposta l'acqua di cava; quelle con vene brune o rosse, di considerevole grossezza nella loro scorza esterna di cava; quelle le cui parti sono tanto poco unite fra loro da rompersi battendole con una bacchetta; quelle che son tanto grasse da scrostarsi, sgretolarsi e sfogliarsi battendole con un martello; quelle finalmente di fresco scavate, e che non possono essere con sicurezza adoperate, quando anche non avessero i difetti che abbiamo notati, se non dopo averle esposte al gelo nel verno. Se si ha premura, bisognerà per lo meno porle in opera alla fine di primavera, perchè i calori della state, facendo evaporare l'umidità che racchiudono, possono essere dipoi esposte impunemente all' influenza delle più rigide stagioni.

Si dirà buona la pietra se sarà consistente, d'una tinta uniforme, d'una granitura fina e compatta, sonora alle percosse e che si rompa in ischeggie nette (*a*).

Nell'adoperare le pietre si fa in modo da porle sul loro letto, cioè in quella medesima situazione, in cui erano naturalmente nella cava; perchè così resistono più ai grandi pesi, laddove in senso contrario non hanno più tanta forza e si fendono. I buoni muratori conoscono a prima vista il letto delle pietre, ma se non sono invigilati, non prendonsi sempre la briga di convenevolmente situarle. Nella costruzione d'un edificio, bisogna necessariamente servirsi di pietre diverse; però si adoprerà la più dura, la migliore, e che più resiste al gelo ne' luoghi esposti all' aria, e quella che non si crederà tanto buona verrà posta ne' fondamenti e ne' luoghi coperti.

(*a*) Si può aggiugnere se immersa per qualche tempo nell'acqua o in altro solvente, non sarà nè intaccata, nè corrosa; se esposta alquanto all'azion del fuoco non rimarrà nè fessa nè calcinata alla superficie, se posta nell'acqua non diventerà più pesante nè lascierà segno di fango. N. del T.

Nelle cave, la pietra trovasi ordinariamente disposta in banchi di differente grossezza secondo i luoghi, e la natura delle pietre. Per esempio, in quella d'Arcueil presso Parigi, si hanno 12 a 18 pollici di banco. In altre cave ne' dintorni della stessa città, vi son banchi di 2 e sin di 3 piedi e mezzo. Ma senza più oltre intertenerci di ciò, basti il dire che quando si vuol fabbricare in paese, di cui non si abbiano esatte nozioni geologiche, bisognerà prendere informazioni su i luoghi per poter determinare nel piano descrittivo da qual cava si debba far condurre le pietre e per maggior economia, e perchè meglio convengano all'opera che si vuol costruire.

Se la pietra che vuol porsi in opera è composta di massi talmente grossi da poter essere foggiati come si vuole, dicesi pietra da taglio; quella poi che rinettata appena del cappellaccio la si taglia grossolanamente, per adoperarla nel riempimento de' grossi muri e ne' fondamenti dicesi pietrame; si cava delle petriere, i cui banchi non hanno tanta altezza che basti per poter essere tagliati e adoperati nei paramenti.

Si adopera nei dintorni di Parigi un pietrame che chiamasi *pietra molare* durissimo e porosissimo, che dà un eccellente muratura, perchè la calcina vi si attacca più che ad ogni altra sorta di pietra; il mattone per questa particolarità quando sia buono è preferibile alla maggior parte delle pietre dure, perchè insinuandosi la calcina ne' suoi pori ed attaccandovisi tenacemente la muratura riesce più unita e resistente.

S'adopera pure ne' fondamenti un' altra specie più dura del pietrame che i Francesi chiamano *libage* e che si toglie dal cielo delle cave; adoperasi greggia, non potendo essere opportunamente lavorata, perchè sempre di forma irregolare.

Il grès, che è una specie di roccia (*a*), trovasi sempre all'aperto, il che molto contribuisce alla sua durezza; avvegnacchè quelle pietre che si hanno senza molto scavamento son più solide delle giacenti nel fondo della cava; e a ciò molto badavano gli antichi, che per rendere più durevoli i loro edifici servivansi di pietre provenienti dai letti superiori delle cave che discoprivano. Vi sono due sorta di grès, l'uno duro e l'altro tenero; il duro è buono soltanto per selciare viottoli e strade; la tenera si taglia e si foggia come le pietre ordinarie. Si adopera nei basamenti dei muri grossi, segnatamente in quelli che son bagnati dalle acque. Ha però il difetto di non legar bene, per la qual cosa si praticano degli intagli nelle giunture perchè meglio prendano la calcina. Queste giunture si riempiono con del bitume, attaccandosi questo alla pietra dura più della calcina ordinaria (23).

(*a*) L'ossido di silicio, o quarzo, che serve di base essenziale a molte rocce, se è composto di piccoli grani agglomerati con varii cementi, forma diverse specie di minerali, compresi sotto il genere grès.

(23) V. le Note del Navier.

CAPITOLO SECONDO

Qualità del mattone e modo di fabbricarlo.

Il mattone è una specie di pietra artificiale, il cui uso è frequentissimo nella costruzione degli edifizi, segnatamente di fortificazione; noi ne faremo parola, rapida, ma da non lasciar nulla però a desiderare a coloro che dirigono le opere, ed ai quali non possono essere indifferenti le menome cose che possono contribuire alla perfezione dell'arte loro.

La terra migliore per mattoni sia grassa, forte, di color biancastro o grigiastro, non vi si trovino ghiaja o pietruzze. Ve n'ha ancor della rossa che può servire allo stesso uso, ma non è delle migliori, perchè i mattoni sono soggetti a sfogliarsi pel gelo ed a risolversi in polvere. Senza attenersi scrupolosamente al dato del colore, si dirà che una terra è buona per mattoni, se dopo piccola pioggia resti attaccata alle scarpe di chi vi cammina sopra, vi si ammassi in gran quantità e difficilmente si stacchi, o se compressa fra le mani, può dividersi a stento.

Dopo aver scelta una specie di terra conveniente, la si fa rompere con la zappa, e riconosciuto che ella è egualmente buona da per tutto, si aspetta il tempo della pioggia, ed allora quando sia ben imbevuta la si stempera e impasta colla zappa e la marra; dopo di che la si lascia in riposo per qualche tempo, per poi ripetere la stessa operazione le quattro o le cinque volte in diverse riprese. Si comincia ordinariamente la preparazione delle terre nel mese di marzo, ma sarebbe meglio farla in inverno, perchè le brine sono attissime a bene stemperarle. Il tempo opportuno per fare i mattoni è nel mese di maggio o in quel torno, giacchè in tale stagione essa ha tutto il tempo di seccare, ed è quindi più atta ad essere posta al forno. Bisogna però evitare la stagione innoltrata, giacchè i mattoni fatti in quel tempo non son per nulla migliori di quelli fatti in estate.

Non basta l'aver accennato quanto può contribuire a formare dei buoni mattoni, bisogna ancora distinguere la buona o la cattiva qualità di quei che si trovano in magazzino, da ciò dipendendo la durata dell'opera che vuolsi eseguire. Vitruvio narra che al tempo suo nella famosa città d'Utica, il magistrato per impedire qualunque frode proibiva si adoperassero mattoni per edificii di qualunque sorta se prima non erano stati esaminati ed approvati da lui; ed è pur troppo tale saggio provvedimento non più in uso ai nostri dì, in cui veggiamo, a grande smacco degli intraprenditori, gli edificii quasi *prima disfatti che fatti.*

Il mattone di color giallo che tira un po' al rosso pallido è buono, essendo ordinariamente composto d'una terra grassa come quella di cui abbiamo parlato. Sarà pur buono il mattone se darà un suono netto. Accade talvolta che i mattoni fatti di buona terra ed egualmente preparati son di diverso colore, e quindi di diverse qualità che si manifestano vedendo gli uni più rossi degli altri. I più pallidi sono di pessima qualità, perchè posti nel forno in luoghi ove il fuoco non ebbe forza bastante per cuocerli

esposti poi al gelo si screpolano, s'infrangono per la poca resistenza di cui sono forniti e di leggieri si risolvono in polvere.

La prova più certa per conoscere la bontà dei mattoni, quando trattasi di qualche opera d'importanza, della quale può differirsi per un anno la esecuzione, è quella di esporli al gelo sul terreno in tempo d'inverno, ed allora quanti avranno resistito senza sfogliarsi, e non saranno andati soggetti a considerabile alterazione, potranno essere posti in opera con tutta sicurezza.

I mattoni si fanno ordinariamente di 8 a 9 pollici in lunghezza (m. 0, 22, alli m. 0, 25); 4 o 4 1/2 in larghezza (m. 0, 11, alli m. 0, 13) e 2 di grossezza (m. 0, 0 6), queste dimensioni son le più usate, perchè rendono i mattoni più maneggevoli.

Quando i muri non hanno se non una mediocre grossezza, questa è determinata dal numero de' mattoni che vi si possono contenere; tali sono le grossezze di due mattoni, d'un mattone e mezzo, e d'un mattone, che si adoperano pei muri di separazione, o di tramezzo (24).



CAPITOLO TERZO

Qualità della calce e modo di spegnerla.

La calce potendo considerarsi come l'anima della muratura è cosa necessarissima, l'essere bene istruito di tutto quanto vi si riferisce, perchè nell'usarne, si giunga allo scopo principale che bisogna proporsi nella costruzione degli edifici, che quello è di fare in modo che i materiali sieno ben uniti, e sembrino formare tra loro una sola pietra.

La calce è una pietra calcinata che si stempera coll'acqua e colla sabbia per comporre la malta. Per fare della buona calce bisogna servirsi di pietre durissime pesanti e bianche (25) e fra queste è da preferirsi il marmo quando si possa averne, come nei paesi dove abbonda. La pietra cavata di fresco è migliore per far la calce che la raccolta ed ammucchiata da qualche tempo e particolarmente quella delle cave umide ed all'ombra a preferenza di quelle rese troppo asciutte dal sole e dai venti. I ciottoli che si trovano sulle montagne o nei fiumi e nei torrenti e certe pietre dure e spugnose che rinvengonsi bene spesso nelle campagne, danno una bonissima calcina, che riesce bianca e polita, e che però è adoperata per l'intonaco dei muri. V'ha una pietra giallastra nei dintorni di Boulogne in Francia che dà pure una calce eccellente, ed è stimata più di tutte quelle che possono incontrarsi nella Picardia e nell'Artois, ove comunemente non è troppo buona, perchè la si fa con del pietrame tenero e bianco, non molto diverso dalla creta che è la più cattiva qualità di pietra che possa adoperarsi per far la calce.

(24) V. le Note del Navier.
(25) Id.

Antichè il legno è molto meglio adoperare il carbone fossile per cuocere la calce; perchè non solamente la cottura è più pronta ma rende la calce più grassa e più untuosa.

Levata la calce dalla fornace e' bisogna per ben ispegnerla osservare che gli operai vi pongano la necessaria quantità d' acqua: perchè se poca, abbrucia; se troppa, affoga, ed anzi sarà ben fatto gettarvela in più riprese.

Secondo Filiberto Delorme la calce è buona, se è ben cotta, bianca e grassa, se non è sfiorita, e se suona, battendola, come vaso di terra; se bagnata manda uno spesso fumo, e se stemperandola si attacca alla marra.

Secondo lo stesso architetto, il modo di bene stemperarla, per formare un' eccellente malta è d'ammassarne in una fossa tal quantità che farà bisogno, poi coprirla egualmente da per tutto di buona sabbia per un piede o due di altezza, poi gettarvi sopra dell' acqua perchè la sabbia ne sia ben inzuppata, e la calce che rimane al di sotto possa fondersi e sciogliersi senza abbruciare, il che accadrebbe se non le si desse acqua in sufficiente quantità. Se si vedesse la sabbia aprirsi in qualche luogo, e dar passaggio al fumo, bisogna subito ricoprire le fessure. Con questa preparazione la calce si cambierà in un pastone grasso, che ammanito in capo a due o tre anni ti parrà un cacio fiore; questa materia sarà tanto grassa ed untuosa, che a mala pena si potrà cavarne il bastone, e produrrà una malta d' ottima qualità per la intonicatura dei muri, e pei lavori di stucco.

Vitruvio nota essere necessario che le pietre di calce, sieno spente da lungo tempo, perchè se qualche pezzo fosse meno cotto dell'altro, eseguendosi l' estinzione a bell' agio abbia campo di spegnersi, e stemperarsi anch' esso come gli altri; giacchè nella calce che si adopera appena uscita dal forno e prima che sia del tutto estinta, resta una quantità di piccole pietre meno cotte, che producono sull' opera una specie di pustole, cagionate dal ritardo che mettono nell' estinguersi in parità dell' altre parti della calce, e che quindi sbullettano, e guastano l' intonaco. Soggiunge altresì che per conoscere se la calce è ben estinta, e sufficientemente stemperata, bisogna immergervi una lama: se questa incontra delle piccole pietre è segno che non è ancor ben estinta, e se la si estrae netta è segno che non è bene inzuppata; che se la calce vi si attacca, è segno che ella è grassa, glutinosa, e bene stemperata.

V' ha però un' eccellente qualità di calce che non si fonde, ed è quella di Metz e suoi dintorni, ov' è accaduto che alcuni i quali non ne aveano conosciuta la qualità, avendola fatta fondere in troguoli ben coperti di sabbia, trovarono l' anno seguente questa calce dura al par della pietra, e dovè rompersi col martello e adoperarsi come pietrame. Per estinguere questa calce, la si copre di tutta la sabbia che deve entrar nella malta, e la si innaffia poscia a più riprese. Questa calce si estingue senza mandar fumo, e fa una sì buona malta che a Metz è adoperata in quasi tutti i sotterranei colla sola mistura di ghisjetta; non v' entra nè pietra nè calcina, e forma un mastice tanto duro, che quando ha fatto presa resiste ai più acuminati chiodi (26).

Da tutte le osservazioni fatte sulla calce si comprende che più essa è viva, più si gonfia estinguendola, richiede una maggior quantità di sabbia,

(26) V. le Note del Navier.

e fa una malta grassa e buona, che più si lascia riposare, dopo essere stata estinta, purchè sia in fosse ben coperte di sabbia, più è buona. Per la qual cosa i Romani non volevano che fosse adoperata nei loro edificii se non dopo due o tre anni che era stata smorzata. Notisi ancora che la calce in polvere è inutile perchè avendo il suo sale cambiato di natura o di proprietà, non può più legare colla muratura.

CAPITOLO QUARTO

Qualità dell' arena, della pozzolana e del gesso.

Dopo avere nel capitolo precedente dichiarate le qualità della calce, faremo or parola dell' arena, perchè conosciuto quanto riguarda questi materiali, si sappia mescolandoli, comporre una buona malta. Bisognerebbe essere muratore prima che architetto; e giacchè bisogna passare assolutamente per tale stadio, prego quelli che vedranno i primi capitoli di questo libro a non annoiarsi della sterilità del soggetto.

Distinguonsi segnatamente due sorta di sabbia, delle quali si può far uso per far la malta; l' una è la sabbia di cava, così detta perchè si estrae dal terreno, l' altra chiamasi sabbia di fiume, perchè togliesi realmente dai fiumi e dalle correnti. La sabbia di cava trovasi bene spesso senza molto penetrar nel terreno, in cui forma quasi sempre dei banchi l' estensione e la grossezza dei quali cangiano a norma della differenza dei luoghi, e danno ad essi altresì un diverso colore. Ma siccome il suo colore non ha a far nulla colla buona o cattiva qualità, e solo si tratta della grana, bisogna, perchè sia di un buon uso, ch' essa non sia nè grassa nè terrosa, cioè ch' essa non sia mescolata colle terre; ma bensì netta, sicchè sfregandola tra le dita, scricchioli. La bianca è ordinariamente la meno carica di terra, e può adoperarsi con certezza, notando che la grana sia d' una certa grossezza, perchè se è troppo fina e impercettibile, non fa corpo colla calce, e la malta, che se ne forma riducesi col tempo in polve.

La sabbia di fiume è preferibile a quella di cava, perchè è meno grassa e molto migliore per gli intonachi, e quando se ne possa avere, bisogna accordarle la preferenza.

È vero che bene spesso scavando per piantare fondamenti se ne trova di cava, che quando è buona non c' è ragione di trascurare, perchè essendo in luogo si evita la spesa di cercarla altrove ed il trasporto delle terre di escavazione. Ma questo motivo, benchè valido pel rispetto economico, non dee mai scusare l' uso di fabbricare la malta, come bene spesso accade, con terra giallastra, in vece di sabbia, perchè questa terra mostra di esser dura e sabbiosa.

La sabbia di fiume si cava dal suo letto col soccorso di cucchiaie fatte a tal uso. In vicinanza alle sponde la sabbia non è troppo buona perchè soggiace a mescolanza di depositi fangosi che vi si attaccano nel tempo delle piene e degli straripamenti. Però trovandosene senza tale miscuglio, può risparmiarsi di pescarla; oppure se la riva è ricoperta di fango, si

toglierà per la più lesta quella specie di crosta che per solito vi si ritrova, e si piglierà per averla pura la buona sabbia che sta al disotto. Trovasi ancora una specie di ghiajetta, o sabbione che purgata da quanto può renderla difettosa è pure utile: ma è meno pregiata della sabbia, perchè non tanto minuta, e mista di piccoli sassolini che non fanno buona presa colla calce, e per conseguenza possono formare una malta poco atta alla union delle pietre, a cagion della grossezza e della ineguaglianza delle commessure. Potrà adoperarsi però nella costruzione dei fondamenti ed altri lavori grossolani. Trovasi sulla riva del mare e nelle terre una sabbia assai minuta, chiamata rena, usata qualche volta come sabbia ordinaria; ma non è tanto buona: per altro se ne trova dell' eccellente nelle paludi, quando vedesi che camminandovi sopra ne esce dell' acqua, il che ha dato loro il nome di sabbia bollente.

Per ben conoscere la qualità della sabbia, bisogna gettarne in un vaso pieno d'acqua limpida e scuoterla poi con la mano; se vedesi che l'acqua diventa nera e torbida la sabbia sarà grassa e terrosa, se al contrario l' acqua sarà quasi limpida come prima, o poco meno, potrà ritenersi pura e netta.

Si fa ancora la malta con due specie di polvere. La prima è la pozzolana, di color rossastro, che trovasi in Italia e nel paese di Bayes. Questa polvere è bonissima per gli edifici, e lega più di qualunque altra malta le pietre non solo per la muratura degli edifici che s'innalzano in luoghi secchi; ma segnatamente per quelli che si fabbricano in mare e nelle acque, facendo corpo quasi subito, e indurendosi nell' acqua come diremo più diffusamente altrove. Son d'avviso non esser altro questa polvere che terra e tufo abbruciati da fuochi vulcanici che escono dalle montagne nei dintorni delle quali si raccoglie: ed ecco, a parer mio, la ragione dell' ammirabile sua proprietà.

Siccome il tegolo che è una composizione di terra non ha prima della cottura virtù alcuna per agir colla calce, ma cotto e ridotto in polvere dà un eccellente cemento, così anche la terra bituminosa che trovasi nel regno di Napoli abbruciata dai fuochi vulcanici, forma colle sue particelle che possono considerarsi come cenere, la polvere di pozzolana che per conseguenza dee partecipare delle proprietà del cemento. Inoltre anche la natura del terreno può contribuirvi al pari dell' effetto del fuoco. V' ha probabilità che questa polvere si chiami pozzolana, perchè trovasi nel territorio della città di Pozzuoli, sì famoso per le sue grotte e per le sue acque minerali.

L'altra specie di polvere è formata d'una terra che trovasi vicinissima al Basso Reno nell' Allemagna e nei dintorni di Colonia. Si cuoce come il gesso, e si stritola con le mole per ridurla in polvere. È sì comune ai Paesi Bassi che ne ha ricevuto il nome, e chiamasi *Trass* d'Olanda. È di color grigio, e se è pura, e non falsificata, cosa rara, è eccellente nelle opere in acqua e resiste egualmente all' ingiuria delle diverse stagioni, non potendo alterarsi, pel secco o per umidità. Unisce tra loro le pietre e gli altri materiali con una forza ed una fermezza inalterabili, per la qual cosa viene impiegata in Francia e nei Paesi Bassi, per la costruzione delle Opere Idrauliche data la difficoltà d' avere pozzolana a buon patto. La cenere di Tournay è pure maravigliosa come vedremo nel Capitolo seguente.

Adoperasi ancora, in vece di sabbia, una polvere artificiale bonissima per gli edificii. Si stritolano insieme frammenti di pignatte, vasi di gres, e pezzi di scoria di ferro, proveniente dal carbon fossile arso nelle fucine, che ridotti in polvere e mischiati con eguale quantità di cemento di pietra di mola di molino e di calce, se ne forma una malta eccellente, che, resiste perfettamente all' acqua se si tratta di edifici idraulici come chiuse, ponti, acquedotti, serbatoj ec. Si fa pure un ammasso di sassolini sparsi nelle campagne o di ghiaja presa sulle rive dei fiumi che si pone al forno, e dopo averli fatti arroventare, si ritirano, e fattili stritolare e ridurre in polvere, questa riesce tanto efficace quanto il *trass* olandese.

Ne resta ancora a dire del gesso (a), materia che richiederebbe molte parole se intertener ci volessimo delle cause fisiche delle sue proprietà. Ma trovomi mio malgrado costretto a passare sotto silenzio varie osservazioni curiose che impinguerebbero troppo questo volume.

Il gesso si fa d'una pietra di color grigiastro che trovasi in certi paesi, segnatamente nei dintorni di Parigi. Si fa cuocere al fuoco come la calce, ma ne è ben diversa; perchè la calce non può essere adoperata se non mista ad altre materie che le diano maggior consistenza e corpo, ed il gesso adoperasi puro: basta bagnarlo e porlo tosto in opera: essendo sua proprietà caratteristica che se non si adopera appena bagnato secca nè può applicarsi altrimenti ad altri corpi, nè foggiarsi come si desidera per ornamenti architettonici; per esser poi sua principal proprietà quella di far corpo appena posto in opera non v' ha materia che più di questa possa essere utilmente impiegata nelle fabbriche, e che vada maggiormente soggetta a frodi per parte dei venditori.

Ora il gesso sarà cattivo perchè sfiorirà, ora perchè sarà mal cotto, come più di frequente succede; perchè non avendo quello che trovasi all' estremità del forno un grado di calore sufficiente per essere calcinato sino ad un certo punto, quello che si troverà nel mezzo, solamente lo sarà a dovere. Per altro quando la cottura è fatta i fornaciai mescolano tutto insieme, e quando è in polvere quello delle estremità del forno resta confuso con quello di mezzo. Quest' ultimo che, adoperato a parte, sarebbe stato eccellente, alterato per la mistura che se ne è fatta, non è più del pregio di prima. Per la qual cosa nei lavori importanti che si fanno col gesso, bisognerà solamente servirsi di quello che è stato in mezzo del forno, ed a tal uopo aver chi se lo scelga sul luogo. Vorrei anche più: cioè che non potendo contare sui fornaciai si badasse alla cottura dal principio sino alla fine, perchè le pietre fossero ben collocate nel forno, sicchè le une non fossero arroventate come quelle che trovansi vicino al fuoco, mentre le altre, che son più lontane, ne sentono appena l' azione. Inoltre la buona cottura consiste anche nel somministrare un grado di calore che a poco a poco seccando l' umidità della pietra faccia evaporare lo zolfo racchiuso, e lo purghi delle parti terrose delle quali può esser mischiata, badando che la violenza della fiamma non produca un disseccamento assoluto. Perchè siccome sembra che la virtù del gesso con-

(a) Il gesso è un solfato di calce, i cui cristalli son divisibili in prismi dritti e può rigarsi coll' ugna; componesi su cento parti, di 33 d' acido solforico, 46 di calce, e 21 d' acqua.

sista in un sale che fa in modo che le sue parti si accostino le une alle altre, allorchè questo sale è troppo disseccato l'unione non ha più luogo; e tal cosa ho fatto più volte notare ai gessajuoli, meravigliati di non poter servirsi di gesso nuovo di cui si credevan sicuri, perchè convinti che non vi fosse alcuna mistura.

Si conosce il gesso ben cotto ad una specie di ontuosità e di grasso per cui si attacca alle dita nel maneggiarlo. Al contrario se è mal condizionato il gesso è ruvido, e non si attacca. Inoltre per buona che possa essere questa cottura, diventa può dirsi nulla, quando vogliasi impiegare del gesso stato conservato molto tempo, perchè questa materia s' assomiglia ai generosi liquori che conservano il sapore quando abbiasi avuta la precauzione di non lasciar evaporare gli spiriti che li rendono buoni (27). Se il gesso non è ben chiuso in botti e posto in luoghi secchi sventa; cioè il sale che ne costituisce tutta la forza svapora, e resta solo una specie di cenere che adoperata non fa corpo. Il gesso pertanto dovrà prendersi appena uscito dal forno.

Si noti ancora che tutte le stagioni non sono adatte per porlo in opera. Se se ne fa uso in inverno o nella fine dell'autunno i lavori son di breve durata, soggetti a scheggiarsi e scrostarsi, perchè allora il freddo piglia tutto ad un tratto il gesso; gela l' umidità dell' acqua con la quale è impastato e lo spirito del gesso essendo intorpidito, non può più esservi unione. Finalmente quando non si possano prendere tutte le additate precauzioni per assicurarsi della bontà del gesso, si potrà almeno scegliere il migliore che trovisi in magazzino, ed a tal fine per conoscerlo basta stemperarne un poco nella mano: quello che più prontamente si attaccherà sarà da preferirsi all' altro che produrrà solo una specie di malta senza consistenza.

CAPITOLO QUINTO

Composizione della Malta.

Abbiam detto parlando della calce nel Terzo Capitolo che dopo averla estinta in fosse di terra sarebbe cosa opportuna lasciarvela riposare molto tempo, prima di mescolarla con la sabbia per farne malta, perchè di fatto questa saggia precauzione più che ogni altra, la rende di buona qualità. Ma siccome non è possibile una tal pratica, per la impazienza che si ha d' eseguire un lavoro appena progettato, descriverò il modo col quale ordinariamente si prepara la calce, per farne poi subito della malta.

Fatta una piccola fossa presso la quale se ne scava un' altra più profonda e più grande, si mette nella prima una certa quantità di calce su la quale si getta dell' acqua agitandola colla marra, e quando è diventata liquida si fa colare nella gran fossa ove si rapprende poi come cacio fiore, e di là si toglie per mischiarvi la sabbia. Questo miscuglio si

(27) V. le Note del Navier.

fa ordinariamente di due terzi di sabbia sopra un terzo di calce misurata viva, o di tre quinti di sabbia su due quinti di calce secondo che ella cresce più o meno; perchè, quando ella è grassa e fatta di buoni ciottoli, si possono mettere per sin tre quarti di sabbia sopra un quarto di calce; il che accade di rado essendo difficile l'aver calce così grassa da portar tanta sabbia. Si deve cavar la sabbia sol quando si ha ad adoperare, mostrando la esperienza che il Sole la altera, la dissecca, e le toglie un certo grasso che ne costituisce tutta la bontà. D'altra parte l'acqua ne scioglie i sali volatili, ed essa quindi cangiasi in una specie di terra, che mista colla calce, non fa più corpo nè lega con la muratura (28). Per altro si noti che trattandosi di far degli intonachi può anche esser la sabbia non tanto grassa, perchè se prontamente si secca fa sgretolar la calcina ed impedisce per conseguenza che l'intonico resti palito.

Il cemento si mescola esso pure con la calce in maggiore o minor quantità, secondo che più o meno cresce: le dosi son le già dette. Per altro si fa bene spesso della calcina metà sabbia e metà cemento, l'uso della quale è bonissimo pei lavori che non sono di grande importanza, ma che non meritano però d'essere trascurati.

La calcina di pozzolana si fa presso a poco come quella di sabbia e serve, come abbiam detto altrove, per la costruzione degli edifici d'acqua.

Per fare la malta di *trass* si sceglie la miglior calce non spenta, e se ne prende tanta quanta se ne vuol adoperare in una settimana. Se ne stende quindi un piede circa di altezza su di un'area ove si innaffia per estinguerla e quindi copresi questo letto di calce con un altro della stessa terra di circa un piede di grossezza. Si lascia riposare questa preparazione per due o tre giorni per dare il tempo alla calce di spegnersi; dopo di che gli operai con una marra mescolano il *trass* e la calce, di cui fanno un gran mucchio che lasciano riposare due giorni circa, dopo i quali si rimescola una parte di questa preparazione, bagnandola di quando in quando sin che si veda che la malta ha preso buona consistenza; ed allora si adopera subito pei lavori ai quali è destinata. Ma si avrà cura di far subire alla malta quest'ultima operazione il giorno prima di adoperarla e di non stemperarne che tanta quanta potrà occorrerne in quel giorno, e così nei dì seguenti finchè si avrà di questa malta nel mucchio. In molte provincie si prepara la calcina ordinaria nello stesso modo che abbiam detto per il *trass*; questa pratica non è cattiva e darà certo buoni risultamenti.

Oltre al *trass* si adopera ancora nelle Fiandre una polvere chiamata comunemente cenere di Tournay, molto utile per la composizion delle malte nell'opere idrauliche.

I dintorni di Tournay forniscono una pietra bianca durissima e che dà una calce eccellente. Quando questa pietra è nel forno se ne staccano alcune particelle che cadono su la grata, ove si mescolano colla cenere di carbon fossile, e siccome questa cenere non si compone in fin dei conti che di particelle di carbon fossile calcinato, dalla mistura che se ne fa hassi la cenere di Tournay, che si pone in commercio dai mercanti tal e quale esce dei forni.

(28) V. le Note del Navier.

Mostrando l'esperienza che la pietra dura fa sempre una buona calce ed una malta eccellente per le opere idrauliche, quando è mista a polvere proveniente dal carbone o dalle scorie di ferro che si cava dalle fucine, come ho detto nel quarto capitolo, non è maraviglia che la cenere di Tournay si presti eminentemente all'uso medesimo, perchè partecipa in uno delle qualità di queste due materie, nè dubito che le particelle di carbone che trovansi unite alla cenere contribuiscano molto a farle acquistare la proprietà, come vedremo, d'indurirsi nell'acqua.

Senza dunque più oltre intertenerci in fisiche dissertazioni, passerò a parlare della maniera d'adoperarla.

La prima cura che aver si deve nel prepararla, quella si è di ben spazzare il terreno, sul quale si deve gettare; si spegne poi in una specie di fossa, con una quantità d'acqua sufficiente solo per ben fonderla e mescolarla, dopo che la si passa per un graticcio fatto di filo di ferro, situato superiormento ad un ricettacolo fatto apposta, selciato di pietre larghe ed unite, ed egualmente costrutto anche ai fianchi; tutto ciò che non passa attraverso al graticcio, si rifiuta. Si batte quand'è in questo ricettacolo a più riprese per dieci o dodici giorni consecutivi con una mazza di 30 libbre ferrata all'estremità sicchè alla fine formisi una pasta grassa e finissima. Adoperasi appena fatta, ma può conservarsi parecchi mesi di seguito senza perder nulla della sua proprietà, purchè abbiasi avuta la precauzione di coprirla, perchè il sole, la polvere, e la pioggia le nuocono. Bisogna anche guardare che quando si rimescola per adoperarla, pochissima acqua basta ed anche mica; giacchè a forza di braccia diventa liquida e grassa, senza essere costretti ad umettarla di nuovo; ed è ordinariamente la pigrizia più che la necessità che consiglia gli operai a mettervi molt'acqua per rivoltarla, il qual ripiego la sgrasserebbe a poco a poco e diminuirebbe la sua bontà, se non vi si badasse.

Alcuni per prepararla si servono di due fosse l'una più alta dell'altra, tutte due ben orizzontali e disposte in modo che quanto è contenuto nella prima possa colare nella seconda per un graticetto che si ha cura di chiudere, allorchè si spegne e si mescola la cenere; quando può credersi ch'ella abbia subito bastantemente queste operazioni, si apre il graticcio: quanto non può passare attraverso al graticcio è rifiutato, e quanto cola nell'altra fossa deve essere pigiato come abbiam detto.

Si adopera questa cenere per la muratura delle chiuse, ponti, acquedotti, ture, e generalmente nelle murature ordinarie per collocare ed unire i grès: il che si dee fare dal mese d'aprile sino alla fine di luglio, perchè adoperata in tal tempo non si sventa mai; notabile proprietà della cenere, andando la maggior parte dei cementi soggetta a screpolare: la calce di Bologna al Mare per esempio, che è eccellente adoperata nell'acqua non val nulla a secco.

Si unisce qualche volta per maggior precauzione con un sesto di polvere di tegolo passata allo staccio: e son d'avviso che unendola con *trass* d'Olanda, potrebbe servirsene con maraviglioso successo nelle cisterne, nè dubito che queste due materie insieme unite compongano il miglior cemento che possa immaginarsi.

Nei paesi in cui la buona calce è rara, se ne mette qualche volta in opera di due sorta nei grandi lavori, l'una fatta di pietre dure, e l'altra

di pietre comuni. La prima, come la migliore, si adopera per fare quanto chiamasi buona malta, che impiegasi nei lavori che meritano attenzione, e l'altra per far quanto chiamasi malta bianca, che non essendo di troppo buona qualità adoperasi solo ne' fondamenti e nel pieno di grosse murature. Si fa ancora una malta che chiamasi spuria, perchè composta in uno di buona e di cattiva calce che adoperasi nei muri di considerevol grossezza; ma bisogna badare a non usarne nelle opere che sono immerse in acqua.

Si può con qualunque sorta d'acqua spegner la calce, fuorchè con quella di palude, e con le altre limacciose e corrotte. Per la qual cosa devesi impedire ai muratori di adoperare quelle che currono per le contrade, e che si uniscono pel mezzo d'una piccola diga, perchè sporche come sono di lordure, non possono produrre se non una cattiva malta. Per gran tempo non si è mai voluto usare dell' acqua di mare, a cagione dicesi, che i sali rendono la malta difficile ad indurarsi; credesi or questo un errore, e che l' acqua di mare sia tanto buona quanto quella di fiume, discrepanza ch'io non prenderò a definire non avendo instituita a tal proposito alcuna esperienza. So bene però che adoperata in certi luoghi ha dato una malta eccellente, ed in certi altri ne ha dato un' altra difficilissima a seccare (29), la qual cosa mi ha indotto a credere che quando la calce è forte e grassa, può adoperarsi l' acqua di mare, ma se è di cattiva qualità quest' acqua la rende ancor più debole, essendo un principio di chimica, che quando due sali diversi son messi insieme, succede sempre una scomposizione vicendevole, cosicchè sembra che quando i sali della calce sieno abbondanti essi attirino quelli contenuti nell'acqua di mare, e li dispongano a concorrere alla coagulazione della malta: ma se i sali della calce sono in piccola quantità, in allora il sal marino domina e produce un effetto del tutto diverso.

Quando la calce è spenta da lungo tempo e si mescola colla sabbia, bisogna per fare della buona malta, mettervi meno acqua che sia possibile. A forza di impastarla colla marra, diventa liquida e allora secca più prontamente, che se fosse stata bagnata di più. È però da notarsi che se la malta deve essere adoperata con pietre che facilmente s' imbevono, bisogna farla più liquida che allorquando s' impiega per unir tra esse pietre durissime.

Alcuni, per far prendere la malta più prontamente uniscono l' orina all' acqua che si adopera per impastare. Ma insegna l'esperienza che sciolto del sale ammoniaco nell' acqua di fiume, e adoperata quest' acqua per impastare la calce, fatta di buoni ciottoli, essa forma colla sabbia una malta che prende subito come il gesso: il che può essere d'un uso eccellente nei paesi ove questa materia è rara. Soggiungerò che adoperandosi della pietra polverizzata in vece di sabbia, e che fosse la stessa di cui si fa la calce, la malta che ne risulterebbe sarebbe incomparabilmente migliore, volendo servirsene in vece di gesso.

Si sa esser principal proprietà della malta, quella di unir tra loro le pietre, e d' indurirsi alcun tempo dopo essere stata adoperata formando poi un sol corpo con gli altri materiali. Siccome la calce maggiormente

(29) V. le Note del Navier.

contribuisce a questo effetto singolare, si domanda perchè la pietra, avendo perduto colla calcinazione la sua durezza, la riacquisti poi per mezzo dell'acqua e della sabbia. Siccome ciò dà luogo ad una dissertazione molto curiosa, procurerò di renderne ragione.

Pensano i Chimici che la durezza dei corpi provenga dai sali che vi si trovano sparsi, e che servono ad unirne le parti, sicchè, secondo il loro sistema, la distruzione cui van soggetti col tempo i corpi più duri, succede per la perdita del loro sale che s'evapora insensibilmente per traspirazione; e se con qualche artificio si restituiscono i sali perduti ad un corpo questo riacquista la primitiva durezza pel nuovo riunirsi delle sue parti: e siccome mille esperienze comprovano sì fatta ipotesi, non opporrò alcuna difficoltà ad ammetterla insieme colla maggior parte dei fisici.

Se la pietra è abbruciata per la violenza del fuoco, accade una evacuazione della maggior parte dei sali volatili e sulfurei, che servono a tener unite le sue parti, per la qual cosa diventa porosa e screpolata: ed essendo questo lo stato della calce quand'esce dal forno, vediamo adesso ciò che possa restituirle la durezza ch'ella aveva prima di essere stata calcinata.

Quando la calce è convenevolmente stemperata e mescolata con la sabbia, accade una fermentazione prodotta dalle parti sulfuree rimaste in essa, le quali fan uscir della sabbia molti sali che unendosi colla calce ne riempiono i pori (perchè la sabbia è piena di sal volatile al pari degli altri corpi); e questi sali appunto che trovansi più copiosamente in certe sabbie che in altre, costituiscono la differenza della loro buona o cattiva qualità. Per la qual cosa più si impastan tra loro e la calce e la sabbia più la malta è buona e s'indurisce di più quando è adoperata, perchè il continuo attrito fa uscir dalla sabbia una maggior quantità di sale. Per questo motivo la malta posta in opera ancor calda è meno buona che quando si è lasciata riposare per qualche giorno, essendo necessario un certo tempo perchè i sali volatili possano passare dalla sabbia nei pori della calce, e ne nasca quindi una unione intima di queste due materie. E però è da notarsi (e l'esperienza lo mostra) che lasciando lungo tempo inoperosa la malta, secca e non fa più presa quantunque la si bagni, perchè i sali sono evaporati, nè resta quindi che una materia secca, magra e senza untuosità, inconveniente che non si trova quando è adoperata a tempo, facendo in allora uscir dalle pietre una gran quantità di sale che passa nei pori della calce, intanto ch'ella stessa s'insinua in quelli della pietra. Perchè, quantunque sembri adoperandosi la malta, che non vi sia più calore, la fermentazione fomentata dalle parti sulfuree della calce sussiste ancora lungo tempo dopo che la muratura è formata, e ciò apparisce sensibilmente dalla durezza acquistata di giorno in giorno dalla malta, e che va aumentando pei nuovi sali volatili che passano dalla pietra nella malta, per la traspirazione che vi mantiene il calore di cui abbiamo parlato; e tal cosa notasi pure nella demolizione degli antichi edifizii, per la fatica che bisogna durare a separar le pietre unite dalla malta, tanto che si riesce più facilmente a romperle che a separarle; segnatamente quando si tratta di pietre spugnose, nelle quali sia penetrata la calce.

Son d'avviso, con Filiberto Delorme, che potrebbesi rendere quasi

indissolubile questa union della pietra e della calce, se si facesse la calce colle pietre della stessa qualità di quelle che voglionsi adoperare nella fabbrica (30), perchè i sali volatili che ne uscirebbero avendo una figura atta a riempire i pori rimasti nella calce, per la perdita de' propri sali, la malta e la pietra formerebbero un solo corpo.

Giusta un tale raziocinio, vedesi che le particelle di carbon fossile, che trovansi unite colla cenere di Tournay, devono produrre un meraviglioso effetto, quando questa cenere è sbattuta con un po' d'acqua; perchè, siccome questo carbone è pieno di parti sulfuree e di sal volatile, accade un passaggio di questo sale nei pori della pietra calcinata, per la qual cosa si forma quindi una pasta grassa ed untuosa, nella quale ferve una fermentazione che fa uscir della pietra adoperata colla cenere nuovi sali che legano e tengono unita la muratura.

Credesi comunemente che la calce abbia la proprietà di abbruciar certi corpi, perchè ne produce la distruzione; ma non è a supporsi che il calore produca effettivamente questa distruzione; ciò accade perchè la calce facendo svaporare i sali che legano le loro parti, evaporati che sieno questi sali, o assorbiti che li abbia la calce, le parti di questo corpo, non più nello stato di prima, si disgiungono (31).

Non potendo menomamente revocarsi in dubbio che la grande abbondanza dei sali dia consistenza a certe pietre, e le renda più atte a fare della buona calce, di altre che non ne sono egualmente cariche, si ha un modo di fare della calce eccellente anche in que' paesi ove per lo più non se ne trova che di cattiva; è il seguente:

Abbiansi due grandi fosse, l'una più elevata dell'altra, ben orizzontate, e coi fianchi ben guerniti di muratura. Si riempia di calce la fossa superiore, e la si estingua per farla colare nell'altra; e passata che sia, la si innaffi presso a poco con tant'acqua quanta se ne è adoperata per ispegnerla, quindi la si rimescoli ben bene colla marra e la si lasci riposare per ventiquattr'ore. Datole tutto il tempo di posarsi, la si troverà coperta d'un' acqua verdognola, che conterrà quasi tutti i sali di cui era caricata la calce. Bisogna prendere tutta quell'acqua, versarla in una botte e togliere dal bacino la calce che vi si trova, la quale potrà in allora considerarsi come una materia inutile affatto.

Si mette della nuova calce nella fossa superiore, ed invece di spegnerla con l'acqua ordinaria, quella si adopera che è stata posta nella botte; si fa colare come prima questa calce nell'altra fossa; ed allora acquistando questa calce una quantità di sali doppia di quella che ella avea naturalmente, è incomparabilmente più buona, che se non avesse subito questa preparazione. Se si trattasse di qualche opera importante, fabbricata in acqua, si potrà per render la calce ancor migliore, fare sulla seconda ciò che si è fatto sulla prima; vale a dire si tornerà a mettere nella seconda fossa tant'acqua quanta se ne è tolta da prima, e si rimescolerà la calce di nuovo per farne uscire i sali; sicchè dopo averla lasciata posare ancora per ventiquattr'ore, si adoprerà l'acqua in cui era stata sommersa, per spegnere la nuova calce viva che si metterà nella prima fossa. Quanto a

(30) V. le Note del Navier.
(31) Id.

quella che sarà rimasta nella seconda, si potrà adoperarla in que' lavori che non richiedono moltissima accuratezza, non essendo sì sprovveduta di sali da non potersene ancor trar profitto. So di molti abili costruttori, che si sono parecchie volte attenuti ad un tale artificio e ne sono rimasti contenti. M' hanno accertato aver con tal modo con un pessimo materiale formata una calce, migliore di quella di Bologna al Mare: è vero che costerà molto più; ma non deve anteporsi il risparmio ai modi di dare la maggior perfezione possibile alle cose, quando trattisi di opere che domandano assolutamente di essere lavorate con precauzione. Nei luoghi, a modo d' esempio, dove la calce è molto cattiva, ed ove si nota che i muri deperiscono nel torno di pochi anni, perchè la malta non ha corpo che basti a resistere alla ingiuria delle stagioni, se ne potrebbe fabbricar di due sorta: l' una, seguendo le norme da me additate, servirà alla costruzione di quanto dee essere esposto all' aria, l' altra formata come al solito, potrà essere adoperata nella grossezza de' muri e nei contrafforti: perchè finalmente la necessità deve aguzzare l' ingegno. Dal non trovarsi in un luogo se non materiali cattivi ne nasce forse la necessità di non poter fare buona muratura? Son d' avviso che quando si voglia, si potranno trovar mille modi di correggere la muratura per mezzo dell' arte (32).

CAPITOLO SESTO

Particolari che han relazione colla Costruzione della Muratura.

Dopo avere ne' precedenti capitoli insegnato la scelta che generalmente deve farsi dei materiali, vo' in questo far conoscere i particolari de' quali dobbiamo occuparci per giudicar del prezzo delle opere, per poscia darne l' incarico agli intraprenditori. Noi per ora diremo soltanto di ciò che può appartenere alla muratura riservandoci di far menzione del resto ove meglio converrà per non affastellar troppe cose insieme. Non faremo parola dei prezzi, ciò dipendendo dai tempi e dai luoghi, secondo che i materiali son rari o comuni, vicini o lontani, tutte cose che facilmente si verificheranno all' occasione. Così procurerò piuttosto d' insinuare lo spirito di questi dettagli che darne esempj nojosi che tornerebbero pressochè inutili.

Prima di tutto è necessario conoscere le qualità dei terreni che devono essere occupati, ed i materiali che sono in uso nel paese; informarsi delle cave di calce, di pietrame e di pietra da taglio che sono a maggior portata, come pure dei luoghi dai quali potrà cavarsi la sabbia, le terre proprie a formar tegoli e mattoni, i legni da fabbrica, e tutto ciò che si crederà dover far parte della costruzione. Si visiterà tutto accuratamente, per intavolar poi giuste osservazioni sulla loro qualità e sulla loro distanza.

L' esame dei diversi terreni che la fabbrica deve occupare, farà conoscere presso a poco la loro natura, se il fondo sarà buono o fallace

(32) V. le Note del Navier.

se bisognerà palafittare o no: se vi saranno aggottamenti a farsi e parecchie altre contingenze che aumentano bene spesso o diminuiscono il prezzo dell' opera. So bene che il giudizio che potrà pronunciarsi sulla natura del fondo va soggetto ad errore, e che non si può rispondere di leggieri della qualità d'un terreno, non prima escavato ed esaminato. Per altro con un po' d'esperienza si può con qualche aggiustatezza giudicare in proposito e per la ispezione e per la situazione del luogo. Così per le parti che si dovranno costituire su la roccia, o che si crederà dovere esser quivi fondate, si noterà presso a poco qual trasporto di terra o di sassi debba farsi per giungere al fondo solido, qual sia la natura della roccia, se le pietre d'escavazione potranno servire al corpo della muratura, o se esse saranno atte ad essere adoperate nel paramento; metodo per altro che non è de' migliori, come si è sperimentato in diverse situazioni, a meno che non si dia ad esse il tempo di asciugarsi e di far conoscere la loro buona o cattiva qualità prima di adoperarle. Pei luoghi melmosi o pantanosi si conosceranno con parecchi scandagli le precauzioni che bisognerà prendere per i fondamenti, per le palafittate e la misura dei legni.

Si osserverà pure se v' ha modo di facilitare il trasporto dei materiali per mezzo di qualche fiume o per un nuovo canale, e se vi saranno ostacoli alla provvisione delle acque necessarie per la composizion delle malte, come accade bene spesso in luoghi alti. Si esaminerà tutto con attenzione, e si faranno su ciascun particolare le osservazioni che saranno necessarie, per aver anticipatamente un' idea di tutto ciò che potrà far parte della costruzion della fabbrica.

Per poco che siasi fatto lavorare in un paese, non si troverà grande difficoltà a sapere il prezzo d'una tesa cubica di muratura, di quella che serve ai rivestimenti delle fortificazioni, perchè non si avrà a far altro che informarsi dei prezzi i più ordinarii della calce, della sabbia, del mattone e delle diverse sorta di pietre che bisognerà adoperare, il tutto portato in luogo, ed il prezzo per prepararli e metterli in opera; oppure quando un ingegnere va in una piazza nella quale non abbia ancora servito, gli sarà facile d'avere queste istruzioni da quelli che vi dimorano da lungo tempo. Ma se non si avessero questi dati e bisognasse lavorare in un luogo non conosciuto, allora bisognerebbe usare maggiori diligenze, per giudicar da sè stesso, e non riportarsi agli intraprenditori ed a coloro cui preme che gli Ingegneri poco s' addentrino ne' minuti dettagli che sembrano a prima vista non meritare attenzione, ma che diventano della maggiore importanza, segnatamente quando trattasi di costruire una piazza nuova, giacchè senza una saggia economia, si fanno molte spese superflue. Ora per non cadere in tale inconveniente, ecco in poche parole quanto bisognerà prendere in considerazione.

Per cominciare dal trasporto dei materiali, è noto che d'ordinario si regola sulla quantità che può esser portata da un traino e sul cammino che questo può in un giorno percorrere. Per la qual cosa è bene sapere che un traino condotto da tre cavalli, può portare circa 1500 libbre. Si saprà pure a quale distanza fa duopo andar a cercare i materiali, il loro peso, quanto importerà il caricarli, e si potrà, fissando quanto deve costare al giorno, determinare quale sarà il prezzo del trasporto d'una

tesa cubica o del quintale di ciascuna specie di materiali. Però sarà miglior consiglio non prendersi fastidio di tutti i particolari di cui questo articolo è suscettibile, e lasciare a carico degli intraprenditori il trasporto dei materiali; l'esperienza avendo in più luoghi mostrato che costerà la metà meno che a farlo per economia, giacchè gli intraprenditori hanno a loro disposizione una quantità di cose che verrebbero a costar molto a tutt' altri.

Quando v' ha qualche fiume navigabile nei luoghi ove si vuol fabbricare, i materiali si trasportano con maggiore facilità e minore spesa. Accade pure talvolta che quando il terren lo permette, facciasi apposta scavare un canale pel trasporto de' materiali, come si è fatto alla Costruzione di Neuf Brisack, ed allora la spesa del Canale è generalmente scompartita sul prezzo della muratura, comprendendovi le altre spese di navigazione, come pure il carico e scarico.

Se dunque si desse il caso di doversi servire d'un fiume o di un canale pel trasporto, bisognerebbe sapere il carico che le barche posson portare, secondo la loro grandezza e la loro figura; e per avere qualche cognizione esatta a tale proposito, consiglio il lettore a riportarsi a quanto ho detto nella decima parte del mio Corso di Matematica.

Dovendosi dunque regolare il carico de' traini a norma del peso dei materiali che debbonsi trasportare, ho creduto bene di dar qui una tavola che indicasse in libbre il peso di un piede cubico dei principali.

TAVOLA

Del peso di diversi materiali.

QUALITA' dei materiali	PESO specifico	PESO d'un piede cubico	QUALITA' dei materiali	PESO specifico	PESO d'un piede cubico
		lib.			*lib.*
Ferro fuso	7,207	504	Ardesia	2,854	200
Ferro lavorato . . .	77, 88	545	Gesso	1,286	90
Rame	8,396	588	Pietra di Saint-Leu	1,659	116
Ottone	7,788	545	Pietra di Liais . . .	2,390	150
Piombo	11,352	795	Marmo.	2,708	189
Sabbia fossile. . . .	1,714	120	Granito.	2,738	192
Sabbia viva.	1,771	124	Calce viva.	0,843	69
Sabbia fluviatile . .	1,886	132	Legno di vetrice . .	0,585	41
Argilla.	1,919	135	Legno di alno . . .	0,800	56
Terra grassa	1,643	115	Legno d'olmo . . .	0,671	47
Terra straordioaria.	1,357	95	Legno di abete. . .	0,550	38
Malta	1,715	120	Legno di quercia. .	0,930	65
Mattone	1,857	130	Acque di mare . . .	1,026	71
Tegolo.	1,815	127	Acqua distillata. . .	1,000	70

Tutti questi diversi materiali possono, un po' più un po' meno, avere il peso qui sopra notato, secondo il paese in cui si trovano; e noi ci siamo attenuti al peso che è loro più ordinario.

Credo aver detto abbastanza per quanto spetta al trasporto dei materiali, per la qual cosa passo al loro dettaglio, cominciando da quello della calce e della sabbia.

Dettaglio della Calce e della Sabbia.

Si suppone che, istituito un esperimento, una tesa cubica di pietra produca due migliaia di libbre di calce, e siccome si impiegano ordinariamente otto tese per il carico d' un forno, che devono per conseguenza produrre otto migliaia, sarà facile giudicare quanto ella potrà costare condotta alla fabbrica calcolando l'importo dello scavo della pietra, del suo trasporto al forno e al luogo ove deve porsi in opera.

Quanto alla quantità di calce, che deve entrare in una tesa cubica di muratura, come a cagion d'esempio ai rivestimenti delle fortificazioni, sarà facile determinarla, dipendendo dalla sua buona o cattiva qualità, come pure da quella della sabbia con cui è mescolata; ma comunemente ve n' entrano dodici quintali.

Potrà pur giudicarsi del prezzo della tesa cubica di sabbia, facendo la stima di quanto costerà per lo scavo ed il trasporto sino alla fabbrica; al quale proposito deve notarsi che una data quantità di sabbia pesa il doppio d' una egual quantità di calce, il che dee per conseguenza raddoppiare il prezzo della condotta.

In una tesa cubica di muratura entrano trenta piedi circa cubici di sabbia.

Dettaglio dei Mattoni.

Per conoscere il prezzo d'un migliajo di mattoni portato in fabbrica, bisognerà calcolare la spesa per cavar la terra, impastarla, foggiarla, postarla sui banchi, e coprirla di stuoie per farla seccare e tradurla al forno. Ho dimenticato di dire che occorre altresì prendere in considerazione la sabbia che si stende sulle piattaforme. Questa sabbia dev' essere della migliore, e ne occorrono per lo meno 100 carretti per una fornaciata di 450 mila. Si vedrà poi il suo costo per farla cuocere, togliere dal forno, e trasportarla sino al luogo d' opera. Pretendesi che sia migliore il legno del carbon fossile per far cuocere il mattone, occorrendo qui un fuoco chiaro che possa penetrar da ogni parte; ma in compenso il carbon fossile è eccellente per i forni a calce, come ho detto altrove.

In una tesa cubica di muratura di mattone, entrano 4600 mattoni di 8 pollici di lunghezza, 4 di larghezza e 2 di grossezza, e 550 in una tesa quadrata, che avrà un mattone di grossezza, vale a dire 8 pollici; e però vedesi che la malta occupa press' a poco un quinto della tesa cubica.

Una condotta a tre cavalli porta 400 mattoni che pesano un po' più di 1500 libbre, perchè quando un mattone è fatto di buona terra e ben cotto pesa circa quattro libbre, supponendolo delle dimensioni già sopra indicate.

Dettaglio del Pietrame.

Per sapere il prezzo d'una tesa cubica di pietrame bisogna aver riguardo all'importo dello scavamento necessario per iscoprirlo, per torlo dalla cava, pel carico e scarico, pel trasporto e per la mano d'opera.

Quando il pietrame debb' essere lavorato perchè sia posto in opera, bisognerà vedere quanto costerà per ogni tesa cubica per la necessaria preparazione, indipendentemente da altre circostanze, delle quali siam per parlare. Si potrà stimar anche la tesa corrente di pietra da taglio, supponendola, per esempio, d'un piede circa d'altezza sopra quindici di letto.

Quando la muratura è composta di mattoni e di pietrame come quella dei rivestimenti delle fortificazioni, la malta occupa presso a poco un sesto della tesa cubica, perchè 'l pietrame lasciando minore spazio vuoto del mattone, occorre più poca malta che se la muratura fosse tutta di mattone.

Trovato, per mezzo de' calcoli precedenti, il prezzo di ciascun materiale in particolare, non s'incontrerà difficoltà alcuna a sapere la spesa della tesa cubica di muratura, saputo quanta parte di materiale debba entrarvi: e ciò sarà facile, facendo ne' diversi paesi in cui siamo, una esatta analisi dei profili meglio approvati e meglio diretti.

Si cerca poi il prezzo d'ogni tesa cubica per un canale se se ne deve far uno. Si prendono pure in considerazione le spese alle quali gli intraprenditori debbono sottostare pel prosciugamento delle acque, ove se ne trovino, e pei molti altri particolari che devono far parte della stima medesima: e con tutti questi dettagli, si potrà sapere, prima dell' esecuzion dei lavori, se i progetti degli intraprenditori sieno giusti o no, ed a quale possa attenersi, ed anche dopo che i progetti furono eseguiti quanto hanno perduto o guadagnato, e qual compenso il re possa loro concedere se fossero stati sfortunati nel lavoro, o se si fosse loro presentata qualche difficoltà che non potea prevedersi, come bene spesso accade.

Il tempo da adoperarsi per la costruzione della muratura è ancora una cognizion necessaria se voglionsi eseguire, e lodevolmente, i lavori nel tempo prescritto: per la qual cosa bisogna sapere quanto un operaio possa fare in un giorno.

In un muro grosso da 10 a 12 piedi, un buon muratore può fare due terzi di tesa cubica di muratura per giorno s'è rustico, e solo una mezza tesa se è diligentata. Ma perchè succeda tal cosa, bisogna che l'operaio sia dei migliori, e che non perda un momento di tempo; e così può ridursi il lavoro a cinque quinti nel paramento rustico e a tre ottavi nel paramento diligentato. Questo muratore deve avere due assistenti per servirlo quando i materiali sono lontani 15 o 20 tese dal luogo di lavoro.

In un muro di due piedi di grossezza, lo stesso muratore può far facilmente una tesa quadrata per giorno, assumendosi anche di costruire i ponti (33).

Per dire alcuna cosa sul modo con cui deve un giudizioso ingegnere regolarsi al proposito dei possidenti particolari, le cui terre son com-

(33) V. le Note del Navier.

prese nella estensione delle opere d' una piazza nuova, ecco quanto m' è sembrato più ragionevole.

Per que' possidenti i cui beni devono essere occupati dalle fortificazioni, non può aversi troppa sollecitudine per render loro quella giustizia che ad essi è dovuta, e per compensarli in qualche modo dei dispiaceri di perdere le loro proprietà. E però non bisogna attenersi ad uno stretto rigore con essi, ma regolar la stima in modo che non vi perdano ed in pari tempo i diritti del re non sian lesi. Perciò dopo aver ben esaminato e notato quanta parte di questi beni sia necessaria per la nuova Opera, bisognerà fare un disegno distinto côn dei numeri che indichino quanto appartiene a ciascuno e che siano riportati in margine col nome del particolare, dopo però che questi avranno legalmente provato d' esserne i possessori. Si passa poi alla stima del valore di questi beni: il che si fa dinanzi all'ingegnere, a' commissarj di guerra, ai magistrati della città o comunità, che scelgono dal canto loro alcuni Pratici per valutare sul loro giuramento il prezzo di ciascuna cosa, di cui i magistrati e gl' interessati fanno un atto. Fatta la stima, si specifican prima di tutto le case, i giardini, i prati, i campi, gli orti a norma del loro giusto valore, e stendesi un atto nel quale sono riportati i nomi dei proprietarii, la superficie dei terreni ed il prezzo a cui son valutati. Si stende un altro atto della qualità delle terre che furono, e saranno rese inutili e di nessun valore per gli strati erbosi ed i mattoni che se ne son tolti, o per l'appianamento e la colmatura della tale o tale altra parte. Se ne fa ancora una terza che contiene la quantità delle terre seminate a segale, frumento, orzi, avena ec. con la stima di ciascuno di questi prodotti giusta il prezzo dell' annata corrente, il tutto verificato dalle autorità del luogo, dai Pratici, dall' ingegnere e dai commissari di guerra. Finalmente stesi tutti questi prospetti, si inviano all' intendente della provincia, che conseguentemente agli ordini della Corte li rimanda al tesorier della piazza, e ne ordina il pagamento, che ciascun particolare firma in margine a lato dell' articolo che lo riguarda, e dichiara aver ricevuto in presenza dei commissari di guerra (34).

CAPITOLO SETTIMO

Norme sulla intavolazione e condotta dei lavori.

La condotta dei grandi lavori abbraccia tante cose, che può dirsi a ragione non poter altri che ingegneri di primo ordine entrarne in tutti i particolari senza perder di vista i punti essenziali del progetto che si vuol eseguire. Era questo grandissimo pregio del Maresciallo di Vauban e non può senza maraviglia comprendersi, come incessantemente occupato di quanto contribuir poteva alla sicurezza dello Stato ed alla felicità dei popoli, abbia potuto scendere all' esame di una infinità di piccole cose che meritar non sembravano la sua attenzione. Ma i chiari ingegni mai si fanno mi-

(34) V. le Note del Navier.

nori di loro medesimi, e la loro condotta è sempre giustificata dal vantaggio che si cava dalle loro riflessioni. Difatto savissimi e benissimo concepiti sono i regolamenti lasciatici da questo grand' uomo sopra una quantità di cose, segnatamente sull' ordine e la disposizione che deve seguirsi nella costruzione delle fortificazioni; ed essendomi io proposto di parlarne in questo Capitolo, mi varrò dei suoi scritti per corrispondere alla stima che il Pubblico ha di tutto quanto gli appartiene.

Le fortificazioni, egli dice, si fanno d'ordinario per imprese particolari o generali, o per dettaglio, o per lavori imposti al paese, e più frequentemente per tutte queste diverse maniere insieme.

Quando si possano trovare intraprenditori solvibili e capaci di assumere una generale impresa, sarà meglio valersi di essi. Ma è ben raro trovar chi regga ad un peso come quello d' una generale intrapresa perchè la straordinaria fretta con la quale si fanno d' ordinario le opere, e la durata di tali imprese riducono bene spesso l' intraprenditore a tristi circostanze, per la qual cosa sarà meglio attenersi ad imprese particolari, che possono in poco tempo esser compiute.

Si noti pure che quando trattasi di affidare imprese di opere considerevoli, va bene farlo con tutte le regole, ma non si dovranno già accordare a tutti coloro che si offriranno a minor prezzo: dovendosi non solo esaminare se gli intraprenditori potranno guarentire le somme anticipate che bisognerà loro sborsare, ma ancora se hanno cognizioni sufficienti per trarsi d' impegno. Bisogna impor loro ragionevoli condizioni, ma non poi ridurre i prezzi più del dovere: perchè se l' impresa è rilevante, e la si affida a poveri o ad ignoranti, accetteranno inconsideratamente a qualunque patto, nella speranza di trar poi o per un modo o per l' altro qualche profitto: ma oltreechè non vi si troverà sicurezza, quando si passerà all' esecuzione, cercheranno il loro vantaggio ad ogni prezzo, e d' altro lato porranno tutte le opere in confusione; sinchè sbalorditi e confusi daranno un tonfo potente e desisteranno da sè stessi se non saran prevenuti. E se ciò per disgrazia succede i lavori languiscono, procedono con una insopportabil lentezza, tutto è confusione, cessa il credito e la fiducia, ed i nuovi intrapreuditori che bisognerà accettare, non vorranno assumere le opere, se non ad un prezzo esorbitante; quanto dovea esser compiuto in un anno, lo sarà a mala pena in due; gli operaj essendo mal pagati se ne vanno, e ben pochi se ne presentano; ed ecco gli ingegneri sottoposti a incessanti disgusti, non potendo raddrizzar bene le cose, dal che si deduce niente esservi di più dannoso del preteso buon mercato. Così non si potranno mai abbastanza dissuadere coloro che mettono ogni loro sollecitudine nello stringere contratti a prezzi più bassi che sia possibile, senza esaminare la conseguenza e la possibilità di poterli eseguire.

Bisogna sempre scansare i dettagli inutili ed imbarazzanti, segnatamente tutte le opere a giornate, a cagione della confusione e delle mariuolerie che ne sono l' ordinaria conseguenza; perchè l' operaio quando è certo del suo guadagno non ha mai fretta, ma se tanto guadagna quanto lavora, non ha bisogno d' altro stimolo che 'l proprio interesse. È pure necessario l' evitare l' esecuzione per imposte forzate di que' lavori che esigono attenzione e prontezza, perchè la diligenza e le cognizioni non tro-

vansi mai tra gente che lavorano per forza e che cercano soltanto di ingannare il tempo. Ma se si dovrà valersene pei movimenti di terra, bisognerà assegnar loro la quantità da smovere, e ripartirle per Compagnie, le quali o contratteranno fra loro, o s' aggiusteranno coll' intraprenditore per venirne a capo; e succeda questo come si vuole, bisognerà prender lumi e caritatevolmente vedere se quelli coi quali si tratta non s' ingannan sul prezzo o sulla misura, e non vendano a troppo duro patto le loro fatiche. Ma tutto ben considerato questo metodo di lavori non dovrebbe praticarsi che pei trasporti, e pei lavori grossolani, e sempre meno che sia possibile.

Quando si farà la distribuzione dei lavori agli individui applicati, bisognerà procurare di affidare ad ognuno quella parte che più gli si convenga, e soprattutto attenersi alla massima d' aver sempre fra i muratori un uomo fedele ed intelligente, che invigili la mano d' opera accuratamente: perchè la maggior parte son moltissimo trascurati nella disposizione dei materiali, sia per negligenza, ignoranza, o brieconeria, il che accade pur troppo quando non sono diretti da alcuno che sappia tenerli in soggezione. Per ciò stesso non si dovrà mai permettere che lavorino ad ore improprie, nè senza la presenza di colui che deve sopravvegliarli.

Tutti i pratici di costruzioni non si dimenticano mai di specificare questa condizione nei loro contratti, come neppur quella di non fabbricar mai la malta senza la presenza d' un commesso che la faccia comporre colle dosi e le condizioni prestabilite, e che invigili bene non sia la calce posta in opera prima d' essere freddata; cose tutte che trascurar non bisogna, giacchè dalla mano d' opera e dalla qualità della malta, dipende assolutamente quella della muratura.

Occorre indispensabilmente un certo numero di ispettori e di sorveglianti alle opere che sollecitino, ed invigilino gli operai. Ma bisogna ben conoscerli, e sceglierli giudiziosamente, esser pronti a ricompensare i diligenti ed a disfarsi de' neghittosi e degli infedeli; ed io per esempio ne vorrei, uno pei muratori, un altro per chi lavora agli scavi ed ai trasporti delle terre, un altro pei traini, un altro per lo scaricamento dei materiali. Se mai il numero degli operai d' una stessa specie fosse grandissimo, bisognerebbe dividerli in centurie, ed assegnare a ciascuna un particolare sorvegliatore; non essendo possibile che la vigilanza di un solo basta per un maggior numero di lavoratori: nè bisogna già credere che due o tre uomini bastar possano a regolare mille, o mille e dugento operai, che applicati a non so quante faccende diverse possono commettere una infinità di abusi e di negligenze. Senza molta accuratezza, si intraprendono molte inutili spese, i lavori son mal fatti, la perdita che ne nasca eccede del centuplo la spesa de' giornalieri compansi che si crede risparmiare con tre o quattr' uomini di meno. Nè ciò dicasi un' esagerazione, essendo io certo non esservi persona un po' pratica che non sia d' avviso far più lavoro tre o quattro uomini ben invigilati che sei altri abbandonati a sè stessi.

Una precauzione più necessaria di tutte quelle che si potrebbero prescrivere pel buon andamento dei lavori, si è quella di non cominciare alcun' opera senza aver prima preparato i materiali e tutto quanto è indispensabile per una pronta esecuzione. Questi materiali devono porsi in

modo però che non diano impedimento nè ai carri, nè agli operai vicini al luogo, in cui devon' essere adoperati. In lavori estesi, la diligenza non è mai troppa e a questa niente più nuoce della precipitazione con la quale si cominciano, senza avere bene spesso provveduto i materiali di cui si può aver bisogno, e procacciato tutti gli operai che si vorranno adoperare: sicchè da questa fretta deriva che prima d'essere a metà lavoro mancano molte cose, le quali producono sempre un ritardo pericoloso, ed un aumento di spese considerabile pei sussidj straordinarii che bisogna andare a cercare altrove, e che pagansi talora a ben caro prezzo, senza calcolare i danni cui soggiace il paese, pei carri e per la mano d'opera che toglier bisogna all'agricoltura. Per la qual cosa ripetiamo ancora, non doversi mai cominciare un lavoro, senza aver prima proveduto i necessarj materiali, e procacciato che la quantità degli operai che vuolsi adoperare non possa mai venir meno al bisogno: e ciò deve tanto più essere esattamente osservato che non v'ha cosa più dannosa ad una piazza della lentezza dei lavori; imperocchè sino a tanto che abbiano acquistata la loro perfezione, ella è sempre in pericolo e considerevolmente infiacchita per l'imperfezione dell'opera in costruzione, per l'ingombro dei materiali sparsi all'intorno, per l'aprimento delle strade coperte onde farvi passare i carri, per la colmatura delle fosse, accidenti non mai scompagnati dai lavori imperfetti.

Sin tanto dunque che un' opera, qualunque ella siasi, abbia acquistato il suo intero perfezionamento è sempre dannosa alla piazza, come quella che può più nuocerle che difenderla, grave inconveniente che dovrebbe far tremare i regolatori delle opere che sono in mal essere e che languiscono per colpa del non aver presi i necessarii provvedimenti, principalmente in tempo di guerra in cui il nemico può ad ogni momento minacciarle. Niente è più comune nella storia delle passate guerre della perdita di piazze che furono sorprese e che si dovettero abbandonare prima che le fortificazioni fossero in istato di difesa.

O costruiscasi una nuova piazza, o si fortifichino di più le vecchie per porle in istato di maggior difesa devesi sempre cominciare dalle strade coperte poi dalle opere avanzate, per avere se non altro una barriera che freni l'inimico.

Tale precauzione è segnatamente necessaria, quando devesi costruire qualche nuovo bastione o demolirlo all'infuori per dargli una forma più vantaggiosa, essendo qualunque apertura in una piazza sempre pericolosa, anche nello stato di profondissima pace. L'arte di fortificare è suscettibile di mille sollecitudini che trascurar non si possono senza esporsi a gravissimi inconvenienti.

Un'altra precauzione non meno necessaria, continua il Maresciallo di Vauban, quella si è di distribuire gli incarichi a norma della necessità dei lavori e della abilità di ciascuno, per adoperar soltanto gente utile e necessaria, ed in quelle uniche operazioni che sanno disimpegnare. La trascuranza a tale proposito è fonte bene spesso di molti disordini nella direzione delle fortificazioni.

È certo che nulla nuoce più all'economia, ed al progredimento delle opere, dello scambiarsi frequente di chi è incaricato delle principali bisogne, segnatamente degli ingegneri, derivando da ciò che nessuno acqui-

sta fondate nozioni, che si è sempre nuovo; che solo imperfettamente si conoscono le qualità dei materiali, il prezzo e la capacità degli operaj, che non si conoscono i modi di fare i trasporti, nè come stabilire un buon ordinamento. Per altro, benchè necessarie, son molto difficili ad acquistarsi tali cognizioni. Inoltre, oserò dirlo, è indubitato che qualunque sia la sollecitudine posta ad imparar queste materie da chi vi ha interesse, il sovrano alle spese di cui s'impara, paga sempre troppo caro una tale scuola. Ed infatti se è vero a non dubitarne che in sul principio sempre di tutti i grandi lavori, sia impossibile anche ai più diligenti d'impedire che la spesa non ecceda il giusto prezzo d'un quinto o d'un sesto, come andrà la faccenda nelle piazze, in cui tutti gli anni si cambiano gli ingegneri ed ove nessuno ha il tempo sufficiente per imparare ciò che deve sapere. Per certo non ne possono provenire che mal concepiti disegni, e raddoppiamento d'ingenti spese: al quale inconveniente non v'ha altro riparo, fuor quello di ben scegliere una volta per tutte le persone che si dovranno adoperare, aspettare pazientemente che sieno ben istruite, e mantenerle nel loro posto sintanto che se ne avrà il bisogno, e non diano motivo di malcontento.

Ho tolto questo discorso parola per parola da un'operetta del signor Vauban, intitolata *Il Direttore generale delle fortificazioni*.

CAPITOLO OTTAVO

Movimento e trasporto delle terre.

Lo scavamento delle terre ed il loro trasporto sono tanto notabile parte dei grandi lavori, che può dirsi non esservene alcuna che domandi maggior diligenza ed accuratezza, per ben regolarne il prezzo a norma della loro qualità e della distanza a cui devono essere portate. Perchè per poco che la stima sia mal estesa, ed i ricambj mal distribuiti, cadesi in ispese soverchie; la confusione ed il disordine regnano dappertutto, gli operaj si lamentano, gli intraprenditori mormorano, e bene spesso il male cresce a tanto, che l'ingegnere, per quanto abile egli sia, trovasi molto incerto sul partito al quale debba appigliarsi. Il signor Maresciallo di Vauban per riparare agli inconvenienti che potessero nascere in proposito, si è assunto di scrivere un'ampia istruzione, e per provare di più la solidità dei metodi che propone dà la copia d'un regolamento adottato già da gran tempo in Alsazia pel prezzo che gli intraprenditori dovevano pagare ai soldati adoperati pei lavori; mostra i difetti di questo regolamento ed insegna a correggerlo. Senza dubbio egli ha permesso si pubblicasse il suo lavoro per impedire che quelli che han la condotta dei lavori cadano nei medesimi sbagli. Un tale scritto non potendo inserirsi più a proposito che in un'opera come questa, ho creduto che mi sarebbero grati i leggitori se qui ne avessi portato un sunto.

Copia del regolamento fatto in Alsazia per la mercede che gli intraprenditori devono pagare ai soldati adoperati al movimento e trasporto delle terre nella fortificazione delle Piazze di S. Maestà.

» Le terre comuni ed ordinarie saran pagate in ragione di 12 soldi (*a*) la tesa cubica in fabbrica; per caricarle e trasportarle, s'accresceranno 2 soldi per tesa, di dieci in dieci tese correnti di cammino, in tutta la lunghezza del trasporto, quando il terreno sia piano ed uguale; e quando esso salirà o per vie inclinate o per ponti, si pagheranno 3 soldi d' aumento di dieci in dieci tese correnti per tesa cubica, in vece di due soldi, come sopra abbiam detto; allorquando i soldati lavoreranno ne' fondamenti, o in luoghi incomodi, si assegneranno loro 2 soldi per tesa pel carico sino a 12 piedi di profondità, e lo stesso accrescimento sarà loro conceduto di 6 in 6 piedi su tutta la profondità del loro lavoro, sicchè sotto a 12 piedi, e sino alla profondità di sei altri piedi, saran loro pagati in luogo 14 soldi, ed a 18 piedi di profondità 16 in vece di 12 soldi prezzo delle opere comuni, e così da profondità in profondità.

» Che se i soldati saran costretti a lavorare nell'acqua ed a bagnarsi i piedi, sia nelle fondazioni o agli scavamenti delle fosse, oltre al fissato prezzo, si aumenteranno loro cinque soldi per tesa in fabbrica, sicchè in vece di 16 che saranno loro stati fissati pel carico, allorquando sono a 18 piedi di profondità, se ne daranno loro 21 nei mesi di marzo, aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre ed ottobre, e quanto agli altri mesi d'inverno, l'aumento sarà di 10 soldi, invece di 5 in fabbrica, stantechè i soldati e gli operaj saranno costretti a praticar canaletti nei lor siti soltanto, per lo scolo delle acque al prezzo ed alle condizioni indicate; la spesa poi delle macchine per gli esaurimenti sarà addossata agli intraprenditori.

» E siccome la qualità della roccia è incerta, il prezzo dello scavamento sarà ad arbitrio dell'ingegnere incaricato della direzione delle fortificazioni della piazza, ove si dovranno eseguire siffatti lavori, e quanto poi al trasporto del pietrame che ne proverrà, sarà pagato il carico ai soldati in ragione di soli 10 soldi, imperocchè trovasi già scavato, e questo lavoro può farsi senza alcun bisogno di adoperar la zappa; ma la distanza del cammino sarà pagata sulle stesse norme delle terre e dei rottami; secondo il regolamento stato fatto pel trasporto delle dette terre. Strasburgo, il 2 giugno 1688 ».

Difetto di questo Regolamento.

« Il primo difetto notabile di questo regolamento, dice il sig. di Vauban, sta nel prezzo del carico fissato a 12 soldi; e ciò perchè essendo sempre diversa la qualità delle terre che stanno alla superficie, e quelle che sono 4, 5, 6 o 7 piedi più basse, ne segue essere impossibile che la regola sia buona, perchè in terre molli o di prateria ove può caricarsi di prima mano,

(*a*) La lira tornese che correva in Francia ai giorni dell'Autore divideasi in venti soldi, ed un soldo in dodici denari; la lira tornese poi sta al franco come 81: 80.

basterà un uom solo per formar molti carichi, mentre non lo potrebbero in altri luoghi, nè due, nè anche tre; ma il prezzo della tesa, essendo eguale nell' un caso come nell' altro, ne nasce che vi ha lesione agli interessi del re, quando essendo buono il terreno non si hanno che due o tre uomini per caricare, e a quelli de' soldati, quando essendo cattivo se ne hanno molti.

Non così se il prezzo del carico è fissato a dodici soldi per tesa, ed un uomo di mediocre forza può levare due tese cubiche di terra in un giorno. L'esperienza ne insegna esser tutto questo possibile nei luoghi paludosi e di praterie, ove può caricarsi colla vanga di prima mano, senz'aver bisogno di zappa; quest' uomo solo, dico, guadagnerà ventiquattro soldi: se invece d' uno bisognerà adoperarne due non guadagneranno che dodici soldi, se tre non ne guadagneranno che 8, se quattro sei e così in proporzione che il numero dei caricatori aumenterà, diminuirà il prezzo delle loro giornate.

Da ciò primieramente nasce che quando non si hanno che uno o due uomini per caricare, il re è danneggiato, perchè le giornate son troppo care; quando ve ne sono tre, il soldato fa un discreto guadagno giornaliero; ma quando ve n' ha un maggior numero la perdita cade sopra di lui, nè può già dirsi che egli trovi un compenso nei ricambj, perchè faremo vedere esservi anche a tale proposito lo stesso difetto.

Secondariamente l'aumento di due soldi per tesa nelle fondazioni profonde di dodici piedi, non è sempre egualmente giusto in tutti i luoghi, nè l'aumento sì ben applicato che non vi si possa trovare soggetto di lesione, come quello che accorda lo stesso prezzo dai dodici piedi di profondità sino ai 18, ed altri 2 soldi, dai 18 sino ai 24, e così di seguito di sei piedi in sei piedi, sino alla richiesta profondità nell'una e nell'altra: non si rimedia abbastanza al difetto del carico che può essere più o meno difficile che non è indicato dall' aumento di questo prezzo.

In terzo luogo, l'aumento del prezzo per quelli che devono lavorare nell'acqua non è meno imperfetto, imperocchè se essa è più o meno abbondante ed ineguale, è impossibile che possa convenir loro un prezzo sempre eguale, sicchè non vi sia lesione da una parte o dall'altra; lo stesso dicasi del resto, senza che la maggiore o minore profondità abbia a far nulla a tale proposito, perchè non trattasi di prosciugamento ma solo di carico.

In quarto luogo il regolamento dei ricambj non è meno difettoso, perchè più ve n'ha meno l'operaio guadagna; per esempio se il carico è pagato dodici soldi la tesa e il ricambio due, e che vi sia solamente la lunghezza d' un ricambio da farsi, la tesa costerà quattordici soldi, nel qual caso se un uomo può caricare due tese, ed un altro trasportarle, si avranno due uomini adoperati per caricare e condurre due tese di terra al prezzo di 28 soldi fra tutt' a due, e però guadagnerà cadauno 14 soldi, compenso giornaliero troppo forte; ma se bisognerà condurre le terre a 20 tese, bisognerà stabilir due ricambj e quindi aggiugnere un altro uomo agli altri due; e però il prezzo della tesa aumentando solo di due soldi, quello di due tese sarà di 32 soldi, che faranno dieci soldi ed otto danari per testa; così nel secondo ricambio, ecco tre soldi e quattro danari di diminuzione; se la distanza è di tre ricambj o di trenta tese, in vece di tre uomini

ne bisogneranno quattro per condur due tese di terra, che a diciotto soldi la tesa faranno 36 soldi per ogni duc, è 9 soldi per la giornata di ciascun operajo; che se il trasporto è di quattro ricambj occorreranno cinque uomini per caricare e condurre queste due tese di terra, i quali lavorando sempre con egual forza, guadagneranno soltanto 8 soldi, perchè la tesa cubica non costerà che venti soldi: finalmente se questo stesso trasporto va sino a 50 tese di distanza del luogo, dove si carica, o cinque ricambj, abbisogneranno sei uomini per caricare o condurre queste due tese di terra, che ascenderanno a 44 soldi, i quali divisi in sei faranno sette soldi, e quattro danari ciascuno, compenso giornaliero un po' piccolo e più piccolo diverrà di mano in mano che bisognerà aumentare i ricambj; sicchè a 10 ricambj il prezzo delle giornate sarà di 5 soldi e 9 danari, cosa incompatibile; dunque a lavori eguali i compensi giornalieri diminuiscono al crescere della lunghezza dei trasporti.

Volendosi aumentare ciascun ricambio di 6 danari, d' un soldo, o anche più, non giugnerassi ancora ad ordinar meglio tale regolamento, essendo sempre danneggiato il re nei due primi ricambj, e i soldati nella maggior parte degli altri, e risultando molta ineguaglianza nelle giornate; cosa da evitarsi, dovendo essere eguale il guadagno di chi egualmente fatica ad eguali lavori, al che si aggiunga che in tutti i luoghi in cui la quantità de' ricambj supera il numero di dieci, la lesione vi è più sensibile; perchè col crescere de' ricambj, scema il prezzo delle giornate: ecco dunque i difetti di questo regolamento provati in incontrastabile modo. Nulla dirò delle altre particolarità, conseguenze immediate di questi due principj difettosi, e difettose quindi esse stesse.

Non derivando questi difetti che dalla troppa carezza del carico, e dalla soverchia modicità del prezzo de' ricambj, e dal non essere entrambi i prezzi regolati sul corrente delle giornate che si vogliono far guadagnare ai soldati, sarà facilissimo correggerle assegnando loro un moderato prezzo non in vista di farli lavorar per esso, ma di desumerne il prezzo della tesa cubica, lasciando che gli operaj guadagnino sin che possono colla forza delle loro braccia.

È possibilissimo rimediare agl' inconvenienti e toglicre ai soldati ogni pretesto di lagnanze regolando il carico e i ricambj non a caso, e non senza un' esatta cognizione del terreno, rispetto alla differenza di durezza, e distanza di trasporto. Così il Re potrà ordinare quanto gli piaccia che guadagni giornalmente il soldato; perchè se il suo giornaliero compenso è regolato, a cagion d'esempio, in ragione di 8 soldi al giorno, non risparmian fatica; chè se il prezzo è basso e modico pei lavoratori a compito, non lo è altrimenti per chi ricevendo già paga dal sovrano per altri servigi non è, almeno per un certo tempo impiegato fuorchè a quest' uso: non si ha, dico, che a fissare il prezzo del carico e dei ricambj in relazione alle giornaliere mercedi; ed accadrà che se un uomo carica due tese cubiche di terra di primo slancio e senza zappa, la giornata di quest' uomo ammontando ad 8 soldi divisa in due, darà quattro soldi pel carico di ciascuna tesa cubica di terra; che se occorressero due uomini, le loro due giornate ammontando a sedici soldi, darebbero 8 soldi per cadauno; se tre uomini 24 soldi; se divise in due, daranno 12 soldi per ciascuna tesa cubica, e così delle altre, aumentando sempre di volta in volta quattro soldi, per ogni caricatore di più.

Quanto ai ricambi non v'ha miglior consiglio che stabilirli a 15 tese di distanza gli uni dagli altri in terreno piano, e a 10 in ascesa o per soprappiù fissare il prezzo di ciascuno a quattro soldi per tesa, che produce sempre quel giornaliero compenso che deve servir di base allo stabilimento del prezzo, ma non al guadagno dei soldati; perchè alcuni guadagneranno sino a 10 ed 11 soldi, mentr'altri non ne guadagneranno che 6 o 7, in ragione delle loro forze e della loro buona volontà; il che certo deve riescire a buono e giusto fine, essendo il guadagno di ciascuno in proporzione del lavoro, e nessuno avrà a lagnarsi fuorchè di sè stesso.

A quanto abbiam detto aggiungasi prima di tutto, che dee fissarsi la distanza dei ricambi a 15 tese in piano; e a 10 ove sia necessario ascendere o per ponti o per piani inclinati, come ho già accennato, senza cambiare di prezzo; e ciò perchè l'esperienza ne ha più e più volte insegnato che una tesa cùbica di terra può essere condotta in 250 carrette e due in 500, che è l'ordinario lavoro che si assegna ad un operajo di mediocre forza; e per condurle in luogo bisognerà che faccia 15000 tese di strada in pianura, la metà della quale carico e 10000 se la strada è in ascesa cioè sei leghe di 2500 tese cadauna in pianura e di quasi quattro in ascesa; ora non v'ha operaio che non voglia piuttosto far quindici tese in pianura che dieci salendo.

Secondariamente è a fissarsi il tempo del lavoro a 10 ore per giorno, e quello del riposo a tre, che in tutto sono 13 ore, cominciando il lavoro alle 5 1/2 del mattino, dismettendolo alle 8 per far colazione una mezz'ora; riprendendolo dalle 8 1/2 sino alle 11, ora di pranzo; poi ricominciando da un'ora sino alle 3 1/2; e finalmente riprendendolo dalle 4 sino alle 7.

Credo si possa ancora regolare il lavoro colla norma seguente:

Lavorare dalle 5 del mattino insino alle 8, indi riposare dalle 8 alle 9: ricominciare dalle 9 alle 12 e riposare sino alle 2, poi riprendere il lavoro a continuarlo sino alle 7 della sera, il che farebbe 10 ore di lavoro e 3 di riposo per giorno.

Si potrà regolare il lavoro in tal modo per otto mesi dell'anno, cioè: marzo, aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre, ottobre, per gli altri quattro mesi d'inverno, si diminuirà il tempo della colazione e del pranzo e si ridurrà il tempo del lavoro a 7 ore, duranti le quali son persuaso che gli operaj non faran più lavoro che in mezza giornata di estate a cagione del freddo e del cattivo tempo; son pur d'avviso che non si debba affidare al soldato più del suo compito, perchè dieci ore di lavoro d'un uomo che ha per sprone il suo interesse ne valgono quindici almeno d'un altro che abbia una giornata convenzionata; l'esiger di più è uno spinger tropp'oltre le cose esponendoli a malattie e a non poter durarla per molto tempo.

In terzo luogo, aumentare un caricatore quando v'ha dell'acqua nel lavoro, e si debbano fare degli aggottamenti: se è in estate, avuto riguardo ai condotti che bisogna praticare per avviarli alle macchine che le estraggono, ed alla spazzatura de' piani inclinati e delle terre, e se sono tanto abbondanti che un uomo solo non basti se ne aggiungano due; e così nel resto a norma delle difficoltà che si presenteranno. Se correrà l'in-

verno e i soldati avranno i piedi bagnati, si potrà, avuto riguardo al freddo che dovranno soffrire accrescere un altro uomo, la qual cosa deve essere in arbitrio del discreto e circospetto ingegnere in capo.

In quarto luogo aumentare un uomo pel carico ove le terre saranno dure, o due ed anche tre, secondo la difficoltà dell'opera; in tal modo potrà giustamente regolarsi lo scavamento della roccia, poichè il maggiore o minore numero d'uomini adoperati nel carico e nella zappatura ne formerà tutta la differenza, ed è cosa certa che i soldati sanno ben regolarsi da sè stessi.

In quinto luogo riposare tutte le domeniche, ma non le feste, chè il lavoro della domenica non porta alcun frutto, avendo chi ha lavorato sei giorni di seguito bisogno di riposare il settimo.

In sesto luogo, regolare un po' la distanza media dei ricambj dal centro dell'opera al centro del trasporto, per evitare le contese che insorger potrebbero a tale riguardo; e perchè d'ordinario i soldati allungano od accorciano il ricambio a lor beneplacito, contare sempre la distanza totale dal luogo ove si carica a quello ove si scarica, e regolar quindi i ricambj come abbiam detto, dando il di più o togliendo il di meno quando vi sarà la differenza d'un mezzo ricambio per evitar tutto ciò che potrebbe imbarazzare.

In settimo luogo, quando in una stessa fila di ricambj si abbia a montare o discendere, regolare quelli delle salite a dieci tese, come abbiamo detto, e quelli di pianura a quindici, senza niente cambiare al prezzo degli uni e degli altri.

In ottavo luogo, non si pratichi alcun cambiamento ove si tratti di lavorar nella roccia, perchè il numero dei caricatori o dei rompitori che bisognerà di più, e il meno di gente ai ricambj basterà colle dovute precauzioni per regolarne giustamente il prezzo. Si potrà inoltre aggiugner qualche cosa per l'ammucchiamento del pietrame necessario alla costruzione.

Inoltre gli intraprenditori dovranno somministrare agli operaj gli stromenti necessari al lavoro, far tutti gli aggottamenti a loro spese, i ponti, se ve ne avrà bisogno, fornire tavole, assettare o far battere le terre se sarà necessario. Per questo obbligo degli intraprenditori, che nè hanno anche altri col re, come per esempio di fare il lavoro commendevole e solido in un certo tempo, ed averne la responsabilità a norma del loro contratto, si daranno ad essi 6 soldi di più che ai soldati pel prezzo della tesa; notando che più saranno i ricambj, tanto più i carichi saranno grandi a cagione dei carri e degli stromenti che bisognerà somministrare. Devesi anche osservare che durante l'inverno aumentano di molto le spese per la brevità dei giorni, per la difficoltà dei trasporti, e per l'abbondanza delle acque, dei fanghi e dei ghiacci: per la qual cosa non sempre basteranno i 6 soldi, a meno che non si abbia la precauzione di affidare ad essi lavori facili, comodi e pochi; sarà miglior consiglio obbligarli il meno che sarà possibile a grandi lavori di terra in siffatti tempi, perchè se avran qualche vantaggio in tempo d'estate, è certo che nelle grand' opere d'inverno lo perderanno; e però devesi ben badare a tale bisogna, perchè nelle opere di estate ove vi sono pochi ricambj e consumi, vi sono anche minori spese, e quindi maggiori vantaggi che si possono moderare a norma dei luoghi e della facilità dei lavori.

Stabilite siffatte norme s' avvedranno di leggieri coloro che dirigono i lavori che

1.° Il prezzo della tesa crescendo in ciascun ricambio di 4 soldi, fissato il prezzo a questo carico, non resterà a calcolarsi che il numero de' ricambj, e la spesa degli intrapreuditori per sapere il prezzo da darsi alla tesa.

2.° Si potrà sempre perfettamente conoscere il prezzo della tesa di terra, che aumenterà o decrescerà secondo il numero de' caricatori e dei ricambj.

3.° Qualunque sia il numero degli operaj, il re non pagherà che 8 soldi per la giornata di ciascuno, che calcolata sul piede di quanto potran fare di lavoro, ne seguirà che S. M. sarà accuratissimamente servita, a buon prezzo, senza stenti e senza violentare nessuno.

4.° Se si bada all' utilità di questa proposizione, si troverà grandissima massimamente che essendo la giornata del re, regolata ora a 10 soldi, non v' ha chi lavorando a compito non ne meriti 15, più di coloro che sono a giornata di 10; intanto non se ne domandano qui che 8 per fare che i soldati lavorino a tutto potere.

5.° Per una maggior vicinanza, il soldato non guadagna di più nè guadagna meno per una maggior lontananza; la tesa essendo sempre calcolata ad un prezzo proporzionato alla quantità dei ricambj ed alla difficoltà del carico.

6.° Benchè si suppongano 6 soldi per tesa all' intrapreuditore, per le sue fatiche, somministrazione di tavole, ponti, carri, strumenti, aggottamenti, adattamenti di scale ec., ciò non deve intendersi che nei luoghi ove vi sia grande consumo di arnesi, come quelli ove vi sono più ricambj ed ove si è costretti a lavorare durante l' inverno nel tempo de' grandi ghiacci, o intanto che le terre sono fangose e molli, in una parola, ove si dee durare molta fatica per far poco lavoro, altrimenti si potrebbe assegnar loro dai 3 sino ai 4 e 5 soldi, secondo che le spese degli aggottamenti ed i consumi sono più o meno considerabili.

Devesi anche notare che il prezzo delle giornate ad 8 soldi, conveniente pei soldati al tempo in cui fu scritta questa Memoria, non basterebbe in adesso che l' aumento delle monete e i cattivi anni han tutto rincarito; in oltre ciò dipende altresì dal paese ove si è fatto lavorare, rispetto alla facilità o alla difficoltà che trovano le truppe a vivere a buon patto. Spetta all' ingegnere in capo o al direttore ad avere le debite precauzioni perchè gli interessi del re non sian lesi, e neppur quelli dei soldati e degli intraprenditori: così senza costantemente fermarsi a questo articolo, si trarranno utili cognizioni da questa memoria considerata dagli antichi ingegneri come la migliore istruzione scritta su tale argomento.

In certi paesi pel calcolo delle opere distinguonsi ordinariamente tre sorta di terre per regolarne il prezzo, la terra dolce o purgata dalle pietre pei parapetti, il pietrame e la roccia.

Quella terra che può cavarsi colla sola vanga è considerata come terra ordinaria: la pietra morta che trovasi mista ad un po' di terra, colla quale non occorre nè massa, nè punta di ferro, e dove basta la zappa ed il piccone è chiamata pietrame: tutta la pietra viva colla quale bisogna adoperare il piccone, il cuneo, la massa ed altri arnesi di punta è chiamata roccia.

Nei Paesi Bassi ove non trovasi nè roccia, nè pietrame, distinguonsi nei contratti due sorta di terra, l'una è chiamata terra *fuori d'acqua* che è quella che può lavorarsi a secco, e l' altra terra nell' acqua che non può cavarsi senza molto incomodo: tutte queste terre diverse possono stimarsi secondo l' istruzione del signor di Vauban: cioè stando alla quantità degli uomini necessaria per trasportare una tesa cubica, ed alle mercedi giornaliere che devono guadagnare.

In una terra ordinaria, quattro soldati, cioè un zappatore, un caricatore e due altri che stanno ai carri, possono trasportare a 10 tese dal luogo di lavoro, due tese ed un terzo cubico in un giorno di estate e un poco più della metà in un giorno d' inverno.

Il pietrame essendo, come abbiam detto, una pietra morta mista a terra, la difficoltà dello scavamento è molto più grande che nelle terre ordinarie; per la qual cosa il prezzo è altresì più considerabile; un prudente ingegnere deve aumentarlo, sicchè i soldati vi trovino il conto loro; e benchè sia difficile determinare a quanto montar possa un tale aumento, dirò che la tesa cubica di pietrame vale presso a poco il doppio delle terre ordinarie.

Quanto alla roccia, bisogna pure aver riguardo alla sua qualità ed alla sua durezza; si adopera per cavarla la mina, il cui apparecchio è di quattro uomini, che s' approfondano di cinque piedi in una roccia ordinaria; ma siccome il marmo è più duro non possono approfondirsi che di quattro piedi che producono tutto al più una mezza tesa cubica, la quale consuma circa due libbre di polvere per caricare i pettardi. Oltre quattro uomini si aggiungono ancora due manuali per tor le pietre fatte saltar dalla mina, ed i rottami; e così sapendo ciò che gli uni e gli altri devono guadagnare per giorno, e quanto costeranno gli arnesi e la polvere, si potrà sapere il costo d' una tesa cubica.

Per approfondir nella roccia si adopera una bara di ferro di buona tempera, acuminata in una delle sue estremità, avente sei o sette piedi di lunghezza; due uomini la mettono in movimento per fare un buco, a modo di piccoli pozzi, che contengono una certa quantità di polvere. Dopo avere caricata questa piccola mina, si chiude la fossa con un turacciolo cacciato entro a tutta forza, acciò la polvere faccia maggior effetto e vi si dà fuoco con un pezzo di esca, che comunicandosi alla polvere, sol dopo un certo tempo, lascia che gli operaj abbian campo di ritirarsi. Scoppiata la mina e spaccate le pietre si sgombrerà, e si ripeterà tante volte la stessa operazione quante sarà necessaria.

Prima di cominciare lo scavamento delle terre, è necessarissimo ben indicare i trasporti, e sapere quanta ne occorrerà per la costruzione del progetto che vuolsi eseguire: chi fa questi progetti deve dare delle memorie, perchè i profili essendo bene applicati non si approfondiscano che in ragione dei ricambj che si dovran fare. Ordinariamente la natura del terreno determina il partito a cui bisogna appigliarsi; se può scavarsi a secco sino a diciotto o venti piedi non sarà necessario di far le fosse larghissime, perchè approfondendolo si avrà sempre terra bastantemente e le opere saranno meglio difese perchè meno scoperte. Se al contrario il terreno è acquatico, e non si potrà scavare sì profondamente come vorrebbesi, senza essere incomodati dalle acque, allora si prende

sulla larghezza ciò che non si potrà tôrre dalla profondità: ma, lo ripeto, tutte queste considerazioni devono dipendere dal progetto, sicchè nella esecuzione trattasi solo di ben dirigere i lavori. Questo punto richiede molta circospezione, e benchè la cosa sembri poco più d' una bagattella, credo si converrà non essere stati eseguiti grandi lavori senza che non sia accaduto qualche grave inconveniente a tale proposito. Qui per non averne ammassato bastantemente prima d' innalzare i rivestimenti, si è costretti per terminar l' opera di condurne per mezzo di lunghi giri che aumentano i ricambj e conseguentemente le spese. Là, per non avervi ben badato, se ne trova una troppo grande quantità che bisogna poi trasportare altrove, fors' anche vicino al luogo stesso ov' era stata cavata, sicchè una tesa cubica che dovrebbe essere stata maneggiata solo due volte, l' una per trasportarla, l' altra per porla in opera, è stata inutilmente portata a diversi luoghi, ciò che raddoppia e tripla le spese. Del resto so bene che ciò non accade a coloro che hanno grande conoscenza dei lavori, perchè san prevedere le menome cose sul bel principio.

Per far vedere in qual modo si possa esattamente conoscere la quantità della terra destinata alla costruzione d'un opera supporremo che siasi tracciato su di un terreno ben unito e nel quale può approfondirsi a secco una fronte di poligono ABCDEF (Tav. VIII e LI), la cui fossa è terminata da una controscarpa GHI, e che il bastione che si vuole innalzare sia espresso dal profilo ABDKMX. Ciò posto, siccome la terra che deesi portare dalla parte della piazza e che si vede espressa con K, K, K ec. dipende dall' altezza del bastione, supporremo che il rivestimento debba avere 30 piedi di altezza dal fondo della fossa sino al cordone, e la fossa 18 piedi di profondità. In tal caso perchè tutte le parti del profilo sieno bene proporzionate, bisogna che l' altezza B C del bastione, dal lato della piazza, sia di 12 piedi e mezzo, la china A C di 19 piedi e mezzo, la larghezza CE di 30, l' altezza E D di 14, la china E G della banchetta di 3, la sua larghezza GL di 4 e mezzo, e l'altezza FG o HL di 15 e mezzo; finalmente il parapetto dovendo avere 4 piedi e mezzo d' altezza, K N sarà di 20 piedi ed L N d' uno e mezzo: e fatto astrazione dai contrafforti e supposto per brevità di calcolo che il rivestimento abbia 5 piedi di grossezza alla sommità, M I sarà di 18 piedi, e V I di 13. Ora cercando la superficie di tutte le parti delle quali abbiamo date le dimensioni, si troverà che formano insieme 907 piedi quadrati, da cui bisogna sottrarre la parte dei contrafforti posta al di sopra della linea orizzontale A T, dopo averne fatto la riduzione, come si è insegnato al § 46 del primo libro, e si troverà che equivalgono a 26 piedi quadrati, che sottratti da 907, daranno per differenza 881 piedi quadrati, considerando solo il profilo, e cubici supponendo che il profilo abbia un piede di grossezza. Volendosi sapere quante tese cubiche di terra occorrano per ogni tesa corrente, si ridurranno gli 881 piedi in tese quadrate, per avere 24 tese circa e mezzo, che moltiplicate per una tesa daranno ventiquattro tese cubiche e mezzo, cioè se la faccia di un bastione ha cinquanta tese di lunghezza occorreranno press' a poco 1225 tese cubiche di terra per formar questa faccia.

Ma senza prendersi pensiero di quanto ne occorre per ciascuna parte del fronte, basterà, trovata la superficie del profilo A B D H K M I, e sottrattivi i contrafforti ridotti dividere 881 piedi per la profondità da

darsi alla fossa, cioè per 18 e si troverà quindi 49 piedi per la larghezza R S della fossa, la quale avendo 18 piedi di profondità fornirà le terre necessarie all' innalzamento del bastione. E però conducendo una linea L M N O P parallela alle parti del fronte A B C D E F, sicchè sia lontana quarantanove piedi dall' esterno della muraglia, si avrà lo spazio che occupar deve la fossa di cui parlo, poichè una tesa corrente del voto di questa fossa somministrerà terra per una tesa corrente di bastione, come è chiaro; perchè 6 piedi di lunghezza, 49 di larghezza e 18 piedi di profondità, danno 24 tese cubiche e mezzo.

A seconda del calcolo precedente ho supposto che si trattasse di bastioni vuoti, e il cui terrapieno fosse a livello col pian terreno della piazza. Se occorresse fare altrimenti, o per costruir sotterranei o per innalzar *cavalieri*, si potrà sempre attenendosi ai profili, sapere di quanto bisognerà aumentare la larghezza della fossa per avere una quantità sufficiente di terra, che si dovrà ammassare prima di costruire il rivestimento.

Di mano in mano che si cavan la terre, si portano ad otto o dieci tese dal lato della piazza. Se il terreno è di buona consistenza, e non si abbia paura di scorrimenti, si dà alle banchette O P, che devono trovarsi dietro il rivestimento la maggior altezza possibile ed una lunghezza sufficiente solo per reggersi, perchè quando la muraglia sarà innalzata, si avranno pochi scavamenti da fare, il che diminuisce la spinta della terra; quanto alle banchette S T che si fanno dal lato della campagna, bisogna dar loro più larghezza che altezza, acciò i lavoratori possano comodamente praticarli.

Quando si è scavato sino alla profondità P S che deve avere la fossa, si fa una nuova trincea P Q R X, pei fondamenti della muraglia; le terre tolte si gettano dal lato della campagna e si trasportano al pari di tutte le altre rimaste nella fossa ai luoghi indicati per la costruzione delle opere esterne. Si procura di mano in mano che si fa lo scavo di lasciare segnali di distanza in distanza, o dei profili per servir a fare le tese (35).

CAPITOLO NONO

Modo di fare i fondamenti delle fabbriche in qualunque terreno e principalmente nei cattivi.

Ei sembra che prima d' insegnare il modo di fabbricare i fondamenti avrei dovuto dire alcun che su le precauzioni che si adoperano per poter lavorare in luoghi d' acqua, spiegare come si costruiscano gli argini per guarentirsi dall' acque straniere, e come facciansi gli aggottamenti col soccorso di macchine immaginate a quest' uso e mostrare per qual proprietà queste macchine preferir si possano le une alle altre. E molto a tale proposito mi era esteso in un capitolo che questo preceder dovea, ma non

(35) V. le Note del Navier.

ne feci qui parola, veduto che tali nozioni appartenevano propriamente all' Idraulica Architettura.

Prima di tutto è necessario conoscere la natura dei terreni che trovansi mano mano scavando e quantunque sieno diversissimi tra loro, possono ridursi a tre specie principali. La prima è quella di tufo e di roccia; quest' ultima è facile a conoscersi per la resistenza incontrata dagli operaj scavando.

Appartengono alla seconda specie i terreni di sabbia, di cui distinguonsi due sorta: la sabbia dura e forte, sulla quale si stabiliscono senza esitanza i fondamenti, e la sabbia mobile, su la quale, come poco consistente non si può costruire senza alcune necessarie precauzioni. Distinguesi la sabbia mobile dalla forte col mezzo d' uno scandaglio di ferro fatto a mo' di succhiello nella estremità affine di vedere qual sia la natura del terreno forato. Se resiste o se entra con istento è certo che la sabbia è forte, mobile se trova poca resistenza. Se deve molto approfondirsi lo scavamento per trovare buon fondo, si allunga lo scandaglio col mezzo di parecchi regoli di ferro l' uno a l' altro commessi con viti. Trovasi in certi luoghi una specie di sabbia che, camminandovi sopra, geme dell' acqua, però questa sabbia chiamasi *bollente*, da non confondersi colla mobile, poichè bene spesso si possono stabilire su di quella solidissimi fondamenti, siccome altrove dimostreremo.

La terza è la terra, di cui si notano quattro specie: la terra comune, la grassa, l' argilla e quella di torba. La terra comune trovasi nei luoghi secchi ed alti. La terra grassa è quasi sempre composta di melma senza consistenza, che non trovasi che ne' luoghi bassi ove non si può fabbricare senza grandissime precauzioni. L' argilla rinviensi e nei luoghi bassi o negli alti. Quando è soda e forma un banco di considerevole grossezza vi si possono gettare arditamente i fondamenti purchè siasi in ogni luogo trovata d' egual consistenza, se no, si prenderanno delle misure convenienti alle circostanze. La terra di torba trovasi solamente ne' luoghi acquatici e pantanosi; è una specie di terra, grassa, nera, bituminosa, che si consuma al fuoco dopo averla fatta seccare, e d' un uso comunissimo nei Paesi Bassi. V' ha chi crede provenir questa terra dai diversi accrescimenti in certi luoghi avvenuti col progresso dei tempi; e tale opinione sembra essere confermata dall' essersi in certi scavi di terreni torbosi rinvenuti alberi di considerabil grossezza, e molt' altri segni di una seppellita vegetazione. Del resto non è abbastanza solido questo terreno perchè vi si possano gettar fondamenti, senza valersi di ciò che l' arte e l' industria possano suggerire in tal caso.

Independentemente dalle cure che debbonsi usare, per conoscere perfettamente il fondo sul quale si vuol costruire, sarà bene intorno a ciò prender voce dagli operaj del paese. Trovansi sempre alcuni di loro ai quali il buon senso e la consuetudine di lavorare nel medesimo luogo han suggerito osservazioni e riflessioni che potranno tornar utilissime. Bene spesso siffatta gente dà più lumi in un quarto d' ora che non se ne possano acquistare con indagini lunghe e penose.

Proponendoci di mostrare come si possano gettare i fondamenti in ogni sorta di terreno, le norme per noi additate potranno applicarsi alla costruzione degli edificî in generale. Per altro siccome nostro scopo princi-

pale sono le opere di fortificazione preferiremo quegli esempi che vi si possano riferire più che a tutt' altri lavori, per la qual cosa nella Tavola IX si trovano soltanto esempi di profili di bastioni.

Fondamento sulla roccia.

I fondamenti fatti a secco son gettati su la roccia o su buon fondo; se su la roccia, si posano i filari per risalto, qualora si debba montare o discendere facendoli combaciare il meglio possibile, e inclinandoli di un pollice o un pollice e mezzo dall' innanzi all' indietro, perchè i muri che vogliønsi innalzare si sostengano perfettamente. Se la roccia è troppo unita e si scorge che la muratura non leghi bene con essa, la si batte a replicati colpi di massa, e dopo averla ben pulita dai rottami vi si pone un letto di buona calce, e s' incastra il muro di alcuni pollici. Se la roccia su cui si vogliono alzare i fondamenti è fatta in modo che la sua altezza possa far parte del muro le si addossa la muratura e vi si praticano alcuni incavi perchè l' una e l' altra possano ben legare insieme. Per esempio dopo avere scavate le fosse d' una fortezza, se ne riveste la scarpa e la sua contro scarpa, e invece di dieci o dodici piedi che si sarebbero dati alla base del muro in tutt' altro terreno, le si assegnano sol 4 o 5 piedi, secondo i risalti che si sono formati, perchè allora non dovendosi fare grandi colmature, i rivestimenti han poca spinta ed in alcuni casi nessuna.

Questa specie di rivestimenti, quantunque facili in apparenza a costruirsi, perchè non v' ha nulla a temere quanto al fondo, presentano non di rado molte difficoltà nell' esecuzione qualora trattisi d' innalzare qualche fortezza alla sommità d' una rupe scoscesa, ove non si possono fare quattro tese di lavoro senza montare o discendere ed ove alcune volte occorrono dieci o dodici profili diversi per eseguire una sol' opera. I soli Ingegneri che lavorano nel Roussillon, e negli altri luoghi montagnosi, potrebbero dare buone norme per ben regolarsi in siffatti terreni; credo anche che solamente in luogo potranno acquistarsi quelle pratiche nozioni alle quali farà duopo attenersi, la necessità e l' ingegno somministrando mille modi per superare gli ostacoli mano mano che si presentano. Fui sempre d'avviso questo fosse il più difficile fra quanti capitoli avessi a trattare, poichè per renderlo completo mi sarebbero occorse buone Memorie da tutti gli Ingegneri in capo, che trovansi nelle nostre piazze; giacchè pur troppo non si può passare dall' una all' altra senza trovar cambiamenti nel modo di lavorare o per la diversità dei terreni o per la qualità dei materiali. Ma se avessi voluto abbracciare tutte le parti d' un argomento sì vasto e far lo stesso per gli altri, sarei stato costretto ad occuparmi d'un'infinità di particolari che avrebbono richiesto non un volume ma una biblioteca. Mi son dunque attenuto alle più essenziali pratiche, sperando, mi perdoneranno i lettori dell' aver io trascurato quanto era men necessario.

Se si devono innalzar muri su di una roccia molto ineguale per la sua figura ed alcune volte per la sua consistenza, la maggior difficoltà è di ragguagliare ad una certa altezza i primi filari di muratura, che devon servire di fondamento e ben unirli con la roccia. Di tutti i modi che son venuti a mia cognizione, e di cui si può in tali casi servirsi, eccone

uno fra gli altri pel quale propenderei e che fu di non poco vantaggio nella costruzione di parecchie grandi opere.

Fondamenti di getto.

Dopo aver preparato il terreno nel modo che si crederà il più conveniente, e dopo aver determinata la grossezza da darsi ai fondamenti, rispetto all' altezza del muro, si orla la periferia che la determina di palancati in legno, sicchè formino insieme una cassa i cui bordi superiori sieno disposti più orizzontalmente che sia possibile e nel basso segnino la figura dei risalti e delle diverse sinuosità che si dovrà dare alla roccia. Fatto un grande ammasso di pietrame, bisogna impastarlo colla malta: si potrà anche, se la roccia è buona, adoperare quei frammenti che se ne saran tolti, dopo aver ridotti i più grossi pezzi ad una grossezza mediocre che non oltrepassi quella d' un pugno. Bisogna il dì dopo, o al più tardi due giorni dopo che si sarà fatto un ammasso di malta di pietrata, avere un gran numero di manuali gli uni dei quali empiranno i cassoni di questa malta, mentre gli altri lo batteranno di mano in mano che la muratura s' innalzerà, con masse del peso di 30 libbre, ferrate alla estremità. Credo inutile l' aggiugnere che deve posare immediatamente su la roccia su la quale deve essere incastrata di 7 ad 8 pollici. Presa che abbia consistenza e diventata sufficientemente secca, si staccano gli assi per servirsene altrove. Soggiugnerò che quando debbasi fare qualche pendìo per montare o discendere si sostiene la muratura dai lati con altre assi disposte a gradini. Così si sormonta la roccia con fondamenti ai quali si dà quella figura che più piace, e chiamo fondamento la muratura che serve di imbasamento a quella che vuolsi innalzare per filari regolati, benchè questo basamento non sia interrato come i fondamenti ordinarj. Non determino l' altezza, che sarà, se vuolsi, di tre o quattro piedi più o meno, secondo il bisogno.

Perchè tutte le parti dei fondamenti sieno bene legate insieme e perfettamente unite colla roccia bisogna empir i cassoni senza interruzione su l' estensione che si penserà a proposito di occupare, osservando di battere egualmente per tutto, particolarmente in principio, perchè la malta e le pietre s' insinuino nelle fessure che si troveranno nella roccia, sia per caso, sia perchè praticatevi apposta onde procurare un legamento maggiore.

Quando la roccia è molto scoscesa, si può per non fare degli scavi dietro il rivestimento, contentarsi di stabilire un solo assito nel davanti per sostenere la muratura e riempir di pietrate l' intervallo che si trova al di là sino alla scarpa, il che renderà l' opera ancor più solida.

Stabiliti e ben aggguagliati all' altezza conveniente i fondamenti su tutta la estensione che vuolsi occupare, si continua a ripetere la stessa operazione sul prolungamento dell' opera osservando di ben unire la vecchia muratura colla nuova; cioè le pietrate fatte da qualche tempo con quelle che vi si vorranno aggiugnere; perciò bisognerà far sempre a pendìo le estremità dei fondamenti che si sapranno dover essere prolungati, gettarvi dell' acqua sopra e ben battere la nuova muratura di mano in mano che ella sarà posta su la vecchia.

In tal modo si faranno i fondamenti che a poco a poco si induriranno,

e non comporranno più che un sol corpo tanto fermo e tanto inconcusso da non dar luogo a temere che col lasso di tempo vi succeda alcun divallamento o rottura, sia che essi trovinsi inegualmente premuti dal peso della muratura innalzata al dissopra o che una certa parte del terreno meno solida dell' altra, ceda o si stacchi, come pur qualche volta accade.

In un paese che dà buona calce, son d'avviso non esservi miglior muratura di quella che ho descritta, e più comoda in una infinità di casi. Spesso si cavano fondamenti in un terreno che sarà sodo in un luogo e cedevole qualche passo più lontano, per la qual cosa i muri si affondano inegualmente: se i fondamenti son fatti di pietrata, non è a temersi che essendo d' una certa grossezza accadano rotture, quando anche vi fossero delle parti che posassero in falso. La qual cosa non può sperarsi dalla muratura ordinaria, segnatamente quando è fatta di grosse pietre, perchè la malta vi si attacca meno, ed è soggetta ad ammucchiarsi più in un sito che in un altro: così Vitruvio ha notato che la muratura fatta di piccole pietre era più indissolubile delle altre. Il sig. Perrault nel commentario che ha fatto di questo autore prova in più luoghi delle sue note, che gli antichi facevano sovente murature di pietrate non solo per le fondazioni difficili, ma ancora in una infinità di casi, come può giudicarsi dai monumenti che restano, ove si vede che tutte le opere fatte in quel gusto si sono indurite al punto di superare la solidità del marmo. Poichè, a dir il vero, non v'ha pietra sì dura che non possa rompersi e frantumarsi, invece che d'un massiccio fatto di calce di pietrate, non se ne possóno separare le parti che successivamente.

In un paese ove la pietra dura è rarissima, credo che con tutta sicurezza si potranno fare i basamenti de' grossi muri con una buona pietrata, e che la difficoltà stia solo nell' avere della calce eccellente. È vero che la grande quantità che ne occorre rende questa muratura carissima, ma ciò non deve diminuirne il merito quando trattasi di un' opera d'importanza. Se ne vedono deperir tutti i giorni per aver troppo curato il risparmio costruendole, e quando si vuol ripararle troppo tardi si deplora una male intesa economia. Intanto tutto ben considerato la muratura di pietrata non costerà mai quanto quella in pietra di taglio; si potrà solo trovar a ridire che volendo adoperarla nei basamenti o nei fondamenti scoperti, l'occhio non sarebbe appagato da un paramento rustico e di forma assai gretta; ma è facile rimediarvi facendo prima della costruzione due specie di malta, l' una più fina mista con ghiaia, l' altra di pietre minute.

In un paese ove sienvi due sorta di calce, bisognerà adoperar la migliore per la composizion di quest' ultima, e la meno buona per quella dell' altra e adoperarle nel modo seguente.

Lavorandosi sulla roccia si comincierà a gettare nel fondo del cassone uno strato di malta fina che vi si attaccherà meglio dell' altra, poi alcuni degli operai getteranno la malta fina da una parte e l' altra dei bordi interni del cassone, cioè contro la parte che sostiene il paramento, altri ne riempiranno il mezzo di pietrata e altri batteranno. Se questa operazione sarà fatta con diligenza e ben diretta, la malta fina legandosi coll' altra di mezzo formerà contro l' assito un pa-

ramento unito, che indurendosi produrrà lo stesso effetto della pietra. Si potrà anche, volendo, dopo un certo tempo per una maggior imitazione figurarvi le commessure.

Fondazione in terra ordinaria e soda.

I fondamenti che si fanno ancora a secco su di un terreno di buona consistenza, e che non presenta alcun ostacolo a superare si costruiscono di leggieri. Si prepara il terreno, come si è detto nel precedente capitolo, e scavata la fossa tanto larga e profonda quanto è richiesto dal profilo, le si dà una scarpa dal davanti all'indietro proporzionata alla grossezza che devono avere i fondamenti, perchè i rivestimenti possano meglio sopportare la spinta delle terre. Per esempio, su dodici piedi di grossezza si assegneranno sei pollici di scarpa, e così nelle altre in cui la scarpa sarà press' a poco la ventiquattresima parte della grossezza. Si fa il primo filare di grossi pezzi di pietra piatti posti in bagno di buona malta, benchè alcuni vogliano piuttosto posarli a secco commettendoli con malta. Su questo primo filare se ne innalza un altro i cui alineamenti sono indicati da pietre poste pel lungo ed altre poste pel largo alternativamente combinate; quelle poste nel senso della larghezza devono avere almeno diciotto pollici di coda, ed essere d' una conveniente grossezza, segnatamente al dinanzi, perchè all'indietro basta posare i più grossi pezzi di pietra; il mezzo si riempie di pietrame a bagno di malta; quando è greggio gli intervalli si muniscono di piccole pietre confisse nelle giunture più indentro che si può e ben uguagliate; nello istesso modo si procede cogli altri filari, procurando più che si può di condurre l'opera a livello su tutta la sua lunghezza. Si badi che i muratori pratichino alcune riseghe dalla parte della fossa in modo che il prolungamento della scarpa della muraglia che vuolsi innalzare non posi in falso, e affinchè possan meglio conformarsi al profilo che se ne sarà fatto, sarà bene dar loro un disegno in grande esattamente tracciato, perchè sappiano la larghezza e la lunghezza delle riseghe, parte essenzialissima dell' opera.

Benchè il buon fondo si trovi per solito più sui terreni elevati, che negli altri bassi e paludosi, se ne trovano anche in questi ultimi di eccellenti come son quelli di ghiaia, di marna, di argilla ed altri di una certa terra azzurrastra, bene spesso di buona consistenza; vi si comprenda pure la sabbia *bollente* che è molto buona adoperata con accorgimento; su questi terreni si può fondare con sicurezza, per la qual cosa non ne farò più oltre parola.

Talvolta si è costretto a fare uno scavamento tanto profondo per trovare il buon terreno che non si può costruire sino al livello della strada senza straordinarie spese; in tal caso Filiberto Delorme, Scamozzi e parecchi altri architetti dopo di loro proposero di fare dei pilastri di distanza in distanza per innalzarvi degli archi di scarico, perchè con poca spesa possa giugnersi sin là.

Fondamenti sopra archi.

Siccome il terreno sul quale voglionsi fondare le pile può essere di inegual resistenza, vi sarebbe a temere che venendo col tempo a cedere il terreno sotto qualche pila succedesse qualche gran rottura negli archi e conseguentemente nei muri soprapposti. Per impedire tale inconveniente si credette miglior partito di costruir tra le pile degli archi rovesci, affinchè se una di esse posa men bene delle altre si trovi puntellata dagli archi vicini, che non potendo cedere perchè sostenuti dalle terre che sono al disotto, non le permettono di cangiar posto quand'anche posasse in falso (36).

Modo di deviar le sorgenti.

Accade bene spesso che volendo stabilire i fondamenti si trovano delle sorgive che molto incomodano il lavoro; alcuni pretendono che debbonsi asciugare gettandovi entro una gran quantità di cenere mista a calce viva; altri vorrebbero empire d' argento vivo le bocche per dove escono, affinchè pel proprio peso sieno costrette a prendere corso da un altro lato. Credo che tutti questi spedienti non siano buoni che speculativamente, e non riescano quando si vogliono adoperare; il miglior partito è di lavorar prontamente, e per non essere inondati, arrivati ad un certo punto, dirigere le acque per canaletti al di là della fossa, dalla quale si caveranno appena giuntevi per mezzo di macchine, si lasceranno correre liberamente dalla loro origine sino ai pozzi, munendo i fianchi dei canaletti di mattoni con suvvi pietre piatte e così tutto il fondo del canale sarà posto a secco; per impedire che le sorgive nuocano ai fondamenti, bisogna nella muratura praticare alcuni piccoli acquedotti per lasciar loro dal lato più opportuno un libero corso (37).

Fondamenti sopra graticolati.

Accade qualche volta che non sia buono il terreno sul quale vuol fabbricarsi, e che volendo approfondire per cercarne un migliore se ne trovi di peggior qualità; in tal caso sarà sano avviso l' approfondire il meno che sia possibile e stabilire su tutta la lunghezza dei fondamenti un buon graticolato di panconi e traversi di 9 a 10 pollici di grossezza ed empiere i vani frapposti di una buona muratura di mattoni o di pietrame. Alcuni coprono il tutto con un tavolato di grossi tavoloni ben connessi al graticolato con caviglie di ferro profondamente inchiodatevi; siccome questo tavolato sembra una spesa molto inutile, basterà rialzare la muratura immediatamente sul graticolato, osservando di fare il paramento di buona pietra di taglio sino al livello della strada, ed anche più alto se l' opera lo merita. Siccome questi fondamenti non posau mai abbastanza bene, sarà meglio fare il graticolato d' un piede e mezzo o due più largo che non sarebbero stati i fondamenti se si fossero stabiliti in buon terreno. Per ovviare poi qualunque inconveniente tutto il d'intorno di esso graticolato deve guarnirsi di pali conficcati in terra obliquamente per così impedire

(36) V. le Note del Navier.
(37) Idem.

che scorra il piede del fondamento, soprattutto se posasse su di un tavolato, il che non è senza esempio. A Bergue St. Vinoc ove il terreno è assai cattivo, si staccò il rivestimento della faccia d'una mezza luna che sdrucciolò in un pezzo solo sino nel mezzo della fossa, e ciò accadde per combinazioni quasi prodigiose, stando alle parole degli ingegneri che erano allora in quella piazza.

Fondamenti sopra palizzate.

Questa sorta di fondamenti non è sempre utile in tutti i terreni e non si adopera che in quelle picciole parti di fondazione le quali non essendo buone come le contigue non lasciano approfondir di più senza grandi inconvenienti; può per altro diventar eccellente su di un terreno paludoso, se dopo aver posto il graticolato si piantano negli intervalli alcuni pali per riempiere e comprimere tutta l'estensione dei fondamenti. Di questi pali devonsi piantare uno o due solamente in ciascun vano diagonalmente opposti, e per meglio assicurare i fondamenti si potrà, se reputasi necessario, battere tutto intorno al margine che corrisponde alla fossa, dei pali di sostegno posti vicini l'uno all'altro, e lungo di questi pali una fila di tavoloni per impedire alla corrente dell'acque, se se ne trova, di rovinare la muratura. I vani del graticolato intorno alla testa dei pali devon essere riempiuti di grossi pezzi di pietra, e dopo averli ben agguagliati si alzerà la muratura a strati regolari perchè posi egualmente dappertutto.

Altra maniera di costruir sopra palizzate.

Benchè questa maniera di fondare sia commendevole, credo per altro che sarebbe opportuno portarvi qualche cambiamento per renderla ancor più solida; ed è cominciare dal seppellire una serie di pali per tutto il lungo dei fondamenti; per esempio per un rivestimento di bastione, dopo aver segnata la grossezza che devono avere i fondamenti e i contrafforti, si batteranno a rifiuto di maglio quattro file di pali, una sulla linea esteriore, l'altra sull'interna e due nel mezzo, sicchè i pali sien separati gli uni dagli altri di circa due piedi. Se ne pianteranno due sotto gli angoli dei contrafforti e due altri tra la coda e la radice, come si vede alle figure 85 e 86 della Tav. IX, ove le teste dei pali sono acuminate: dopo averli scapezzati a livello vi si applicherà al di sopra una buona travatura e su d'essa una fila di grosse panche per formare un graticolato, del quale ciascun incrociamento sarà ben inchiodato e assicurato su la testa del palo che gli corrisponde, e in tal modo il graticolato sarà incomparabilmente più sodo che nella pratica precedente: dopo ciò si affonderanno dei pali di riempitura, e si potranno innalzare i muri con tutta sicurezza.

Precauzioni d'aversi nell'affondar pali.

Nell'affondamento de' pali bisognerà aver cura di piantar sempre i più lunghi e i più forti sui margini dei fondamenti, poichè se l'opera potesse cor-

rere qualche pericolo in progresso di tempo cederà piuttosto da quel lato che nel mezzo; per lavorare con sicurezza vi sono molte precauzioni a prendersi sul modo di affondare; e per non ometter cosa alcuna, ecco come si potrà accorgersi di quale lunghezza e di quale grossezza debbano essere i pali rispetto al terreno su cui dovrà costruirsi.

Dopo aver misurato una palo bisogna approfondirlo sino a rifiuto del mazzapicchio, sicchè possa conoscersi a quale profondità il fondo resista tanto da opporsi fortemente alla punta; così conosciuto di quanto si sarà approfondito si vedrà presso a poco la lunghezza che si dovrà assegnare ai pali; dico press'a poco, meglio essendo farli un po' più lunghi di quello che avrà servito di scandaglio, nel caso che il terreno resistendo meno questi si approfondissero di più.

Determinata la lunghezza dei pali, bisogna per assegnar loro una proporzionata grossezza che essi abbiano di diametro la dodicesima parte circa della loro lunghezza, cioè lunghi 12 piedi, dovranno essere di dodici pollici di diametro. Ma questa regola non deve osservarsi che pei piccioli pali da sei piedi di lunghezza sino a dodici, perchè quando se ne abbiano di 18 o 20 basterà dar loro tredici o quattordici piedi di diametro, o adoperare alberi troppo ricercati il che aumenta notabilmente la spesa.

Si sa che per approfondire i pali si foggiano a punta di diamante: bisogna però guardarsi dal far questa punta troppo lunga o troppa corta; non troppo corta perchè non si approfondirà di leggieri, non troppo lunga perchè s'indebolirà, e alla menoma resistenza si smuzzerà; sarà dunque ben fatto il farla lunga una volta e mezzo o due volte al più il diametro del palo. Quando il terreno nel quale si pianta non oppone molta resistenza, si carbonizza questa punta per indurirla, e lo stesso si pratica alla testa perchè il maglio non la rompa; ma se nel terreno trovinsi pietruzze o quale altra cosa che fortemente resista e ne smuzzi la punta, s'arma il palo d'una puntazza fermata con tre o quattro verghe inchiodate al palo; la testa poi deve essere tagliata quadratamente a sghembo e incerchiata di ferro, affinchè non si fenda. Si proporziona, come ho già detto, la distanza dei pali alla quantità che si crede ne possa abbisognare, secondo la qualità del terreno; ma per quanto vogliansi por fitti è almeno necessario che sieno separati dall'intervallo d'un loro diametro, perchè abbiano tanta terra da poterli tener fermi.

Volendosi munire i fondamenti all'esterno con pali vi si praticano talvolta dalle scanalature che si corrispondono diametralmente, nelle quali si introducono dei tavoloni; si scelgono i pali più dritti che si squadrano per adoperarli più facilmente. La larghezza della scanalatura si proporziona alla grossezza dei tavoloni, ma si assegna loro un pollice di più perchè possano esservi introdotti senza difficoltà: così quando i tavoloni han due pollici di grossezza, le scanalature devono averne tre di larghezza sopra due di profondità. Si nota altresì che la grossezza dei tavoloni dev'essere regolata su la loro lunghezza; così se per esempio son di sei piedi, devono avere almen tre pollici, se ne hanno dodici che è ordinariamente la maggior lunghezza di questa sorta di legni, la loro grossezza sarà di quattro pollici.

Per unire i pali coi tavoloni, si comincia dal profondare due pali a piombo ad una distanza proporzionale alla larghezza dei tavoloni, che per

lo più è di 12 a 15 pollici, poi si caccia a forza di maglio un tavolone nelle due scanalature, in modo da guastare meno che sia possibile il palo: dopo ciò si pianta un altro palo ed un tavolone, e si continua nello stesso modo a battere alternativamente un palo ed un tavolone. Se il terreno resiste alla punta dei tavoloni si armano d'una puntazza ad un'estremità e d'un cerchio di ferro all'altra alla maniera dei pali.

Benchè in tutti i tempi siensi adoperati pali per consolidare un cattivo terreno, nondimeno in molte occasioni riesce dannoso il valersene. Se si trattasse, a cagion d'esempio, d'un luogo acquitrinoso, ove vi fosse un gran numero di sorgive, non bisogna credere che i pali sieno utilissimi per stabilire dei fondamenti, che anzi si notò per lo contrario che sprofondandoli, si aprivano delle sorgive le quali somministravano acqua in tanta abbondanza da rendere il terreno senza confronto più cattivo di prima. Ma quanto farà più maraviglia si è che affondati i pali a rifiuto di maglio con tanta fatica quanta se ne potea usare in un buon terreno, questi ne uscivano il dì dopo, od anche di lì a qualche ora, rispinti dalle sorgive che cercavano uno sfogo; sicchè fu forza dismettere qualunque idea di servirsene, e ricorrere a ripieghi molto più difficili a porsi in opera di quelli dei quali sarebbesi potuto a bella prima valersi se, anzichè far nascere delle difficoltà, si fosse pensato ad impedirle, ed ecco la necessità di ragionare maturamente su la natura del lavoro prima di metter mano all'opera.

L'inconveniente notato succede bene spesso ne'luoghi ove trovasi della sabbia *bollente*, qualità di terreno che è necessarissimo il ben conoscere; perchè siccome l'acqua che spiccia dalla terra premuta deriva soltanto dall'abbondanza delle sorgive che vi si trovano, bisogna ben guardarsi dal non aprirne volendo approfondarli; poichè più si vorrà ostinarsi a scavare i fondamenti e meno vi si riescirà; per la qual cosa sarà più sano partito l'approfondare meno che si potrà, poi gettare arditamente i fondamenti, previe le sole norme che stiamo per additare.

Fondamenti su la sabbia bollente.

Disposti gli alienamenti ed ammassati i necessarj materiali si scaverà solo tanta terra quanto si può fare di muratura in un giorno; cioè se, a cagion d'esempio, si potranno fare sei tese correnti di fondamento per giorno, non se ne discoprirà di più: poi si poserà colla maggior accuratezza possibile un primo filare di grosse pietre piatte, e su di esso un altro diligentemente unito a bagno di malta composta di trass od anche di cenere di Tournay, e su di questa un terzo, e così di seguito con tutta la sollecitudine possibile per non dar tempo alle sorgive d'inondar l'opera come bene spesso accade. Se qualche volta i primi filari non compariscono di buona consistenza, non bisogna spaventarsene, ma procedere nel suo lavoro, seguitar s'è possibile senza interruzione, e di lì a qualche tempo la muratura si consoliderà come se fosse stabilita su la roccia; e però può innalzarsi il rimanente senza timore che il resto dell'opera ceda al piede, o che i fondamenti non s'approfondiscano di più dopo aver ricevuto il loro carico che al principio. Bisogna solamente guardarsi di non scavare all'intorno, per timore di dar aria ad alcune sorgive e attirarvi l'acqua che potrebbe scalzare la muratura e produrre serii inconvenienti; finalmente

per provare l'aggiustatezza di questo modo di fondazione, dirò com'esso sia seguito a Douai, Lilla e Bethune, quando trattasi di rivestire qualche opera di fortificazione in terreni siffatti.

Fondamenti ne' luoghi paludosi.

Ad Arras ed a Bethune si trova un terreno coperto di torbe che è necessario conoscere per potervi arditamente gettare i fondamenti, essendovi questo di notabile che di mano in mano che si scava esce una prodigiosa quantità d'acqua. Dopo aver tentato tutte le vie, si trovò che la più breve e la più sicura era fondarvi arditamente con buoni materiali, scavandosi il meno che fosse possibile senza adoperare nè graticolato nè pali, e l'opera si mantien ferma e solida senza correre pericolo alcuno.

Quando si trovano di tali terreni che non si conoscono perfettamente, sarà ben fatto il non praticar gli scandagli che ad una certa distanza dal luogo ove si vuol fabbricare, perchè se si scandagliasse entro l'aja potrebbe sorgere una gran quantità d'acqua che incomoderebbe moltissimo.

Qui, meglio che altrove, credo, si potrebbe adoperare la muratura di pietrate di cui abbiamo più sopra parlato, perchè essendo di pronta esecuzione e ben legandosi le parti, si potrà unendovi del trass d'Olanda e della cenere di Tournay fare un massiccio eccellente, al quale dando solamente due piedi o due piedi e mezzo di grossezza, si formerà una specie di banco su cui si potrà innalzare la muratura più sicuramente che se si facesse un graticolato, ed anche se si fosse trovata sabbia o letto ben sodo. Ma appigliandosi a tal partito bisogna dar molto basamento alla fondazione, affinchè abbracciando una maggior estensione sia più solidamente stabilita.

V'ha ancora un altro modo di fondar per cassoni, ben diverso da quello di cui abbiam sin qui fatto parola: si adopera nei luoghi ove le terre sono di pochissima consistenza, ed ove si ha a guarentirsi dalle sorgive e dagli sfondi. Si comincia dallo scavare, ad una conveniente profondità, un fosso di quattro a cinque piedi, e largo quanta dev'essere la grossezza dei fondamenti: si adoperano tavoloni di due pollici circa di grossezza che si applicano lungo i margini della fossa per sopportarne le terre, rattenendola con puntelli sostenuti di tratto in tratto da travi in traverso, e otturando le fessure con argilla. Dopo avere scavato così sino alla profondità ove si può giugnere senz'essere inondati, si riempie questo cassone di buona muratura: e di mano in mano che le tavole si trovano sostenute dalla muratura si levano le traverse. Quando il cassone è ben pieno, se ne scava a lato un altro simile, la cui lunghezza a par di quella del primo, dipende dalla facilità di abbracciare un'aja più o meno grande senz'essere incomodato dalle sorgive; con tutte le precauzioni per altro che prender si possono accade bene spesso che l'acqua spiuga tutto ad un tratto senza che si possa impedirlo; ma è facile sormontarla, perchè non essendo scoperto il terreno un po' di celerità toglie d'impaccio; che se altrimenti si procedesse si vedrebbero spicciare sorgive che inonderebbero nello stesso tempo da tutte le parti e che non si potrebbero asciugare se non con difficoltà insormontabili.

Fatti tre o quattro cassoni di seguito e ben consolidata la muratura dei

primi si procura di togliere le tavole per servirsene altrove, e se quelle che sono al fondo non si possono avere senza correr pericolo di dar adito ad una sorgiva, si prende il partito di abbandonarle.

Volendosi innalzare un edificio in acqua, ove non possono farsi aggottamenti, come in mare, si ricorre ad una maniera di costruzione di fondamenti, che parerà al primo considerarla, poco solida, ma che è però di durata quando vi si pratichino le necessarie cautele: questa specie di fondamenti è chiamata a scogliera od a sacco.

Fondamenti a scogliera od a sacco.

Si comincia dal riempire di pietre (figure 90 e 91 tav. IX) una gran quantità di battelli, che conduconsi vicino al luogo ove si vogliono adoperare: si approfitta del tempo in cui la marea è bassa per stabilire gli alineamenti e per uguagliare il meglio possibile il fondo sul quale si vuol lavorare, che non solo deve essere d'una superficie eguale a quella che deve occupare l'edificio da innalzarsi, ma molto maggiore, affinchè intorno alla muratura avanzi un fondamento che ne assicuri maggiormente il piede. Allestiti tutti i materiali per essere posti in opera, e scelto il tempo più conveniente, si getta nell'acqua una quantità di ciottoli, di pietre, di macigni; su di questo letto se ne fa un altro di calce misto di pozzolana o di trass, dopo un altro letto il pietrame o ciottoli che copresi di bel nuovo di calce e di pozzolana. Si continua alternativamente con un letto di pietre, ed un altro di calce e di pozzolsna, e si forma sul momento un mastice che rende questa muratura dura e solida, come se fosse stata fatta a mano e con la maggior precauzione per la proprietà ammirabile della pozzolana e del trass.

E, quantunque non si possa lavorare di seguito, a cagione delle fortune di mare, o della troppo grande altezza delle acque si può continuare a riprese senza recare alcun nocumento alla bontà dell'opera. Gettando le pietre si ha cura che le più grosse vadano verso gli orli, che devono avere una scarpa due o tre volte più larga della loro altezza. Dopo che il fondamento sarà diventato tanto alto quanto si sarà creduto necessario per giuguere al livello della strada e per non essere sommerso, è utile lasciarlo per qualche anno alla prova delle vicende di mare, e in questo frattempo bisogna sopraccaricarlo di tutti i materiali necessarj per lo stabilimento dell'edificio che si vuol innalzare, ed anche al di là se si può, per dargli tutto il maggior peso che potrà sopportare, perchè si assetti ugualmente a sufficienza dappertutto. Quando dopo un certo tempo si vede che nessun sinistro accade, vi si stabilisce sopra una buona graticola coperta di un assito di grossi tavoloni, sulla quale s'innalza l'edificio.

Quando non si possono battere i pali tutti all'intorno dello spazio che deve essere occupato dal fondamento si potra fare un buon basamento, che garantirà il piede dagli scavamenti che potranno nascere col tempo, e con questo mezzo l'opera sarà più ferma, e non vi sarà in certo modo nulla a temere. Si procura altresì di fare al piede della muraglia un riparo di fasciuate e graticole, come si pratica alle gettate, per impedire che in un'alta marea, non sopravvengano delle onde che scalzino il muro.

Malgrado tutte le precauzioni che si possono prendere è sempre pericoloso l'edificare in mare: per altro vanta la Francia edifizj della natura di quelli di cui ho parlato, che sussistono da lungo tempo senza che sia loro sopravvenuto alcun sinistro accidente.

Ho supposto una fondazione di tal natura fatta nel mare, per mostrare come si possano sormontare i maggiori ostacoli che s' incontrano edificando; ma v'ha una infinità d'altri luoghi ove si può servirsene utilmente, e con miglior fortuna, come nelle riviere, nei laghi, negli stagni, e in tutti i luoghi ove non può giugnersi a fare dei fondamenti a secco. Vitruvio nel suo dodicesimo capitolo del suo quinto libro, parlando dei Moli che sono ai porti di mare, parla circostanziatamente della muratura a scogliera.

Ne avrei forse potuto tener più a lungo parola che non ho fatto, ma siccome questa sorta di lavoro appartiene all'Architettura Idraulica, si troverà nella seconda parte di quest' opera di che compensarsi di quanto qui manca, e adesso ne avrei anche taciuto, se non avessi creduto dover in in questo capitolo dare un' idea generale di tutte le diverse maniere di fare i fondamenti.

V' è ancora un altro modo di fare i fondamenti nei luoghi che abbiam supposto, ed è di adoperare i cassoni nei quali si mura a calce ed a sabbia; questi cassoni non sono altra cosa che un' unione di legname e tavole ben calafatate. Si dispongono secondo la direzione del luogo ove si vogliono innalzare i fondamenti, e si attaccano a gomone, passate in alcuni anelli di ferro. Preparati in tal guisa, si riempiono di buona muratura; a proporzione che le opere avanzano, il peso delle pietre li fa abbassare sino al fondo dell' acqua, per la qual cosa la loro altezza deve essere proporzionata alla profondità dell' acqua, in cui si hanno da mettere, procurando di farli due o tre piedi più alti, perchè gli operai non ne siano incomodati. Quando la profondità dell' acqua è tale che non si possa toccare il fondo senza dare ai cassoni una straordinaria altezza si prende il partito d' aumentarla a misura che si avvicinano al fondo.

Alcune volte si mettono i cassoni, come alle figure 88 e 89, quando il letto sul quale si vuol fabbricare non è unito, sia a cagione dei pozzi o dei piccoli banchi di sabbia, sia per la soverchia altezza delle acque.

Se io volessi qui ricordare tutte le diverse maniere di fare i fondamenti secondo le occasioni che si possono presentare, non la finirei mai; per la qual cosa m' atterrò ai cenni che ne ho dato, riservandomi di intrattenermi ancora a tale proposito quando la cosa lo meriterà, come p. e. pei fondamenti dei ponti in muratura, delle chiuse e d' altri lavori che domandano molta attenzione per costruirli con solidità e che ho compiutamente trattato nel seguito di quest' opera.

Intanto il poco che ho detto potrà bastare a coloro che vogliono applicare all' architettura, perchè da sè stessi con qualche pratica ed intelligenza, possan scegliere il più conveniente tra i diversi mezzi che ho sinora proposti.

Non ho sin qui parlato della profondità da darsi ai fondamenti, perchè è assai difficile determinarla, dipendendo questa in certo modo dalla natura del terreno in cui si lavora; ma noterò se non altro che la maggior parte degli Architetti fanno inutili spese, assegnando loro una grande profondità

che per nulla contribuisce alla solidità dell' edificio; perchè, o il terreno sarà buono e vi si potrà edificare con tutta sicurezza, o sarà cattivo e basterà fare un tavolato di panconi o di graticola, senza scavar più oltre per cercare un altro fondo che non sarebbe forse miglior del primo. Se il terreno è mobile o pantanoso, è ancor più inutile l' approfondire, poichè si dovranno sempre adoperar palizzate. Ora in tutti questi casi la profondità dei fondamenti non avrà a far niente colla solidità dei muri che si vogliono innalzare: dovendosi solo badare che il fondamento posi su di una fermissima base, e se non può aversi tale quale la si desidererebbe, bisognerà ricorrere agli espedienti indicati. In tal guisa si è adoperato negli edifici che da tanti secoli sussistono: i fondamenti della Chiesa di Nostra Signora a Parigi, edificio dei più vasti, benchè costrutto su di un terreno molto cattivo, non ha quasi profondità. Tutti quelli dei ponti della stessa città ne hanno pochissima, mentre che semplici case hanno fondamenti di 6 a 7 piedi di profondità, senza badare che le loro quattro facce formando un parallelepipedo dovrebbero sostenersi pel proprio peso. Che se qualche volta si veggono cedere al piede, non è già a credersi che ciò provenga dal non avere i loro fondamenti bastante profondità: ma bensì perchè saranno stati costrutti a poco a poco, cioè perchè a cagione delle interruzioni di lavoro la vecchia muratura non avrà potuto legarsi colla nuova. Da qui nasce che se un muro è solido per essere stato fabbricato il primo, l' altro non lo è per esser stato fatto più tardi, e tutti questi muri venendo sopraccaricati insieme, essendo il peso inegualmente portato, cede la parte più debole mentre l' altra resiste. A ciò si aggiugne che un lato può essere stato lavorato con buoni materiali, e l' altro con minori precauzioni, cosicchè quanto si attribuisce a difetto di fondamento, proviene quasi sempre dalla cattiva costruzione.

Ma se in un edificio si comincia dallo scavare le fosse di tutti i muri, e dopo averle poste a livello vi si stabilisce una buona muratura, condotta sempre alla medesima altezza, e nella quale tutte le diverse parti sieno ben legate e che poi vi s' innalzino nel medesimo tempo i muri maestri e di spartimento, si può esser certi che quando anche i fondamenti abbiano due o tre piedi di profondità, l' opera non correrà alcun pericolo; che se al contrario fosse eseguita per parti, e cadesse negli indicati difetti, quand'anche questi fondamenti avessero quindici o venti piedi di profondità, l' edificio non sarebbe meno soggetto a tutti gli inconvenienti che può produrre una costruzione cattiva.

Se si trattasse di qualche grosso muro di cinta o di spiaggia, bisognerebbe non solamente avere le precauzioni di cui ho parlato, ma cercar soprattutto che i basamenti fossero larghi e ben posati, anzichè molto profondi e questa larghezza che eccederà quella del muro, dee particolarmente trovarsi dal lato opposto a quello in cui il muro dovrà sopportare qualche considerevole sforzo, sia a motivo della spinta delle terre, o di quella d' una vòlta, e ne abbiam mostrata la necessità nel primo libro. Pure talora è necessario dare profondità ai fondamenti quantunque il terreno sia buono, come se si lavorasse sulle rive d' un fiume, per porsi al di sotto del suo letto, ed evitare così il pericolo che le acque non vengano col tempo a rodere il terreno ed a rovinare i fondamenti, il che è molto a temersi in vicinanza di una chiusa o di una grande cascata d' acqua.

Giacchè siam sul proposito della grossezza dei fondamenti, ne terremo qualche parola, sembrando che qui si presentino delle difficoltà che han bisogno di schiarimento.

I fondamenti d' un muro essendo la base su cui è stabilito, sembra che la larghezza di questa base debba essere proporzionata, non solo alla grossezza del muro, ma più ancora alla sua altezza, e che si debba seguire una certa regola per determinare la larghezza delle riseghe all' incontro del livello della strada; ma ciò non han fatto gli Architetti, almeno per quanto è a mia cognizione. È ben vero che essi han parlato della grossezza da darsi ai fondamenti, rispetto a quella dei muri che devono sopportare, ma non si è badato all' altezza di questi muri. Scamozzi, per esempio, vuole che si dia ad essi per risega da ciascun lato l' ottava parte della grossezza del muro, cioè se ha quattro piedi di grossezza, che se ne diano cinque ai fondamenti. Filiberto Delorme fa i fondamenti più grossi, dando per risega da ciascuna parte un quarto della grossezza del muro; così in un muro di quattro piedi di grossezza, ne dà sei ai fondamenti. Palladio li fa ancora più grossi, volendo che abbiano il doppio della grossezza del muro, e ciò che fa meraviglia, come ho detto, si è che nè l' uno, nè l' altro abbiano parlato dell' altezza dei muri. Per altro non v' ha ragione di dar tanta grossezza ai fondamenti d' un muro di cinta che non sopporta alcun peso quanta se ne dà a quelli dei piedritti di una vôlta molto alta e massiccia, o d' un altro muro che deve portare parecchi grandi tavolati carichi di considerevoli pesi come agli arsenali ed ai magazzini per le vittovaglie; perchè non v'ha edifizio i cui muri non debbano sostenere qualche spinta, ed è perciò che i muri strapiombano piuttosto all'infuori che in dentro. Inoltre, quando un muro è molto alto e non ha che una grossezza mediocre, se il basamento non è proporzionato all' altezza, per poco che il muro venga a inclinarsi la lunghezza del braccio di leva acquista tanto vantaggio su la resistenza che possono trovare i fondamenti dalla parte del terreno, che bisogna che questo terreno sia di una grande solidità per non cedere. Ed è bene il notar qui che i muri e i suoi fondamenti devono essere considerati come un corpo solo, benchè io abbia supposto il contrario nel primo e secondo libro; per conseguenza se il punto d' appoggio invece di corrispondere al livello della strada si trova sull' orlo del primo filare dei fondamenti, bisogna necessariamente, perchè un muro molto alto posi tanto bene quanto un altro più basso, che vi sia proporzione tra la grossezza dei loro fondamenti, e questa proporzione è soprattutto essenziale quando il muro più alto non ha che una mediocre grossezza.

Or per sapere a qual regola dobbiamo attenerci, senza adottarne alcuna di quelle degli architetti or citati, supponiamo che un muro di 20 piedi di grossezza sia ben piantato se alla sua base si assegneranno 4 pollici per parte di più della grossezza del muro; onde se un muro fosse grosso 2 piedi il suo fondamento avrebbe una base larga 2 piedi ed 8 pollici. Ora volendo conoscere la grossezza da darsi alla base dei fondamenti d' un muro che avesse 50 piedi d' altezza, fatta astrazione per un momento della grossezza del muro, per non considerare che le riseghe da darsi a ciascun lato, si dica se un muro di 20 piedi d' altezza ha quattro pollici di riseghe da ciascun lato, quanti bisognerà darne ad un muro

di 50 piedi? e si troveranno 10 pollici: se quindi il muro avesse 3 piedi di grossezza bisognerebbe dare ai suoi fondamenti 4 piedi ed 8 pollici: e così se si trattasse d'un muro di 80 piedi, si seguirà sempre la stessa proporzione, prendendo 20 piedi per primo termine e 4 pollici per secondo.

Quando si vogliono innalzare muri che hanno qualche spinta da sopportare non è necessario di posarli sul mezzo dei fondamenti; val molto meglio, dopo averne trovata la grossezza, dar più larghezza alla risega corrispondente al punto d'appoggio che all'altra: vorrei anche farla il doppio, cioè avendo trovato colla regola precedente che bisogna dare 10 pollici di risega da ciascun lato ai fondamenti d'un muro di 50 piedi di altezza, e sopraccaricato anche d'un gran tetto e di molti tavolati, sommate insieme le due riseghe che fanno 20 pollici, se ne assegneranno 13 o 14 alla risega esterna, e 6 o 7 alla interna. Così il braccio di leva che corrisponde alla potenza resistente trovandosi allungato rispetto al centro di gravità della muraglia, il tutto sarà molto più solido e non avrà i difetti che s'incontrano nella maggior parte degli edificj.

CAPITOLO DECIMO

Come si debbono adoperare i materiali che compongono la muratura.

La migliore di tutte le murature è senza difficoltà quella formata di pietre di taglio, ma siccome questa pietra è molto rara, non si trovano sì di leggieri degli edifici che ne siano interamente formati: per lo più non si adoperano che ai basamenti dei muri, agli angoli degli edifici e a quelli dei rivestimenti nelle opere di fortificazione. Per metterla in opera se ne preparano due specie l'una più larga che lunga (*panneresse*), l'altra più lunga che larga (*boutisse*). Le prime fanno paramento con tutta la loro larghezza e le seconde colla loro testa soltanto, formando della loro coda parte della grossezza del muro. Queste distribuisconsi in ciascun filare, osservando di postarle a vicenda, in modo che le commessure perpendicolari del secondo filare corrispondano al mezzo delle pietre del primo, e così delle altre che stanno al di sotto. Perciò si fanno i filari ben regolati, in modo che le pietre dell'una e dell'altra specie abbiano la stessa altezza, acciò le commessure orizzontali che regnano su tutta la lunghezza del muro formino linee parallele e di livello. A misura che si posa uno di questi filari, si munisce il resto della grossezza del muro di mattoni o di pietrame murato con buona malta, e quando non è che di mediocre grossezza si procura che le pietre più lunghe (*boutisses*) lo sieno tanto da poterlo traversare e far paramento da due lati, il che rende la muratura molto più solida, legando il paramento col resto del muro; in allora queste pietre prendono il nome di *leghe*.

Quando si costruisce qualche edificio militare in cui i muri devono essere di considerevole grossezza come, di 5 o 6 piedi, si adoperano delle

scaglie al paramento sino ad una certa altezza, del mattone al paramento interno, e il resto della grossezza si fa di pietrame. Ora perchè il tutto prenda ben corpo, si adoperano le scaglie come ho detto: quanto al mattone si comincia dal posare una prima fila di due mattoni e mezzo di grossezza, una seconda di due mattoni, ed una terza d'uno e mezzo; ciascun filare ben agguagliato con pietrame, dopo di che si ricomincia un filare di due mattoni e un terzo di un mattone e mezzo sempre ben connessi ed agguagliati con mattone e scaglie. Arrivati all' ultimo filare di scaglie, e volendosi fare di mattoni il resto dell' altezza del paramento, si posano per filare regolato come abbiam veduto per l'interno; e per rendere l'union più perfetta si può di tre in tre filari fare una catena di due mattoni di grossezza su tutta l'estensione dell' opera, in modo che la linea mediana dell' uno corrisponda alla commessura dei due inferiori.

Fatti i basamenti d'un muro, si innalza il resto del paramento con del pietrame, avendo cura di ben pulirlo e tagliarlo sino al vivo: si adoperano ancora delle pietre alternativamente poste (*boutisses et panneresses*), avendo cura di collocar talmente le une su le altre, che le commessure delle inferiori cadano sul mezzo del vivo delle superiori; perchè produrrebbero cattivissimo effetto ottico ed il muro sarebbe poco solido se si avessero due o più commessure l'una sull' altra nella stessa linea. Nelle opere che si vogliono costruire con una certa accuratezza si fanno, non solo egualmente alte tutte le pietre che compor debbono i filari, ma si tagliano anche in modo che la larghezza delle une (*panneresses*) sia doppia di quella della testa delle altre (*boutisses*) per fare una buona legatura e conservare un certo ordine di simmetria molto piacevole all' occhio.

Gli antichi erano diligentissimi nel lavorare i paramenti degli edifici di una certa importanza; rendeano essi quasi impercettibili le commessure, la qual cosa ha fatto credere, nè fuor di ragione, che talvolta fabbricassero senza malta, preferendo tagliar le pietre con tanta aggiustatezza che la loro collocazione e il peso loro bastassero per dare all' opera tutta la possibile solidità. Servivansi ancora d'un ingegnosissimo metodo per rendere puliti i paramenti: tagliavano nettamente le facce delle pietre che doveano essere unite le une contro le altre, e lasciavano un pollice di grezzo a quelle che devono formare il paramento; quando l'opera era interamente compita ripulivano anche il di fuori in maniera che le commessure divenivano impercettibili, e l'opera sembrava fatta tutta di getto.

Oltre le pietre di paramento delle quali ho tenuto parola e che chiamansi *grande apparecchio*, se ne distinguono ancora di due specie: la prima sono i ciottoli e i macigni posti comunemente in uso pei fondamenti, e la seconda la ghiaia e il pietrame, adoperati nel mezzo de' grossi muri. E qui gli intraprenditori non stan colle mani alla cintola per procacciarsi il proprio utile qualora non siano ben bene invigilati, usando essi l'astuzia di costruire un buon paramento che illude, e formando il resto del muro di terra e di calcinacci. È vero che ciò non accade nelle opere di fortificazione, perchè i signori Ingegneri sono tanto oculati da non lasciarsi trarre sì di leggieri in inganno, ben sapendo chi è pratico di siffatti lavori quanto sia cattivo consiglio l'affidarsi alla buona fede degli operai: ma siccome io scrivo segnatamente pei principianti, e per coloro che non han molta conoscenza di bisogne di tal genere, ecco in breve quanto devesi aver di mira per fare un commendevol lavoro.

Bisogna aver cura di lasciar delle morse, d'un mezzo piede almeno, ai luoghi ove si vorrà riprendere il lavoro, e quando vogliasi ricominciare si bagnino prima le parti sporgenti.

Non si lascino mai mettere biette di legno sotto le pietre di paramento, nè adoperarne di quelle che non abbiano letto sufficiente per ben posare. Non si lascino porre in opera pietre troppo di fresco tolte dalla cava, e che non siano pulite da quella scorza che ingombra d'ordinario la loro superficie perchè la malta non vi si attacca: e segnatamente si badi che non vengano adoperate pietre di *grès* perchè la malta non vi si attacca, sia a cagione dei loro pori troppo ristretti, sia perchè non somministrano sale come le altre per indurire e farla seccare. Così il miglior modo di munire i muri è di adoperar mattoni o pietrame ben piatto, ben agguagliato e posto in modo che la metà del vivo dell'uno vada sull'unione dei due altri inferiori, procurando più che è possibile che l'opera sia sempre a livello su tutta la lunghezza e grossezza.

Senza queste precauzioni accade che il paramento, non ben unito col resto della muratura, diventa propriamente parlando un muro applicato contro un altro che deperendo col progresso del tempo si stacca in breve, tutto il dinanzi cade, e non resta più che un informe massiccio al quale è ben difficile conservare la solidità. Per riparare a tale inconveniente si pratica ai rivestimenti delle fortificazioni una muratura, che è quanto di meglio si possa, almeno a mio avviso, immaginare: si fa per lo più di mattoni e di pietrame, ed ecco come si uniscano e pongano in opera questi materiali.

Tracciati i fondamenti del muro e quelli dei contrafforti, relativamente alle dimensioni dei piani e dei profili, sia per una faccia di bastione, sia per un fianco od una cortina, e costrutti questi fondamenti con tutte le precauzioni delle quali ho parlato nel precedente capitolo, in una parola dopo avere innalzato l'edificio sino al livello del fondo della fossa, si comincerà dal fare tre malte diverse; la prima di tegole ben battute con un terzo di bonissima calce; la seconda sarà pure composta d'un terzo di buona calce, ed il resto di sabbia fina per la muratura del paramento; di due sorta di calce poi si prenderà la più scadente per formare la terza, che sarà composta di grossa sabbia se ne trova sul luogo, per la grossa muratura.

Si prepareranno pure tre sorta di pietre la prima, per i basamenti e gli angoli, deve essere squadrata in tutte le facce che vanno unite colle facce d'un'altra pietra, battuta a punta di martello, e con le commessure solcate per ricevere la malta; la seconda sarà il mattone di cui si farà uso nei paramenti, e il terzo il pietrame per munirne il mezzo ed i contrafforti. Si poserà il primo filare del paramento con pietre aventi le faccie tagliate secondo la scarpa del rivestimento; dietro questo primo filare si coprirà tutta la muratura dei fondamenti tanto del rivestimento quanto dei contrafforti d'un letto di tre mattoni di grossezza, posti a piatto ben muniti di malta; il principio di quest'opera esige molta accuratezza e precauzione. Postato questo primo letto se ne farà un altro dietro le pietre di basamento che avrà tre mattoni e mezzo di larghezza soltanto; su questo se ne farà un secondo che andrà ancora diminuendo d'un mezzo mattone, e si continuerà così sino al quinto rango, che terminerà con un mattone e

mezzo. Innalzando questi ranghi di mattone, si ha gran cura di ben munire tutto il resto della grossezza del muro e dei contrafforti di pietrame a bagno di malta distribuito su tutta l'estensione dell'opera, innalzata sempre ad un eguale livello, al pari dei contrafforti, agli angoli dei quali si mette il più grosso pietrame, osservando che la radice sia ben unita col rivestimento perchè il tutto formi un sol corpo. Quando la muratura è stata innalzata ad uno stesso livello all'ultimo rango dei mattoni di cui abbiamo parlato, si dice d'aver fatto un *alzato* che si copre di bel nuovo d'un rango di tre mattoni di grossezza, che domina generalmente su tutta l'opera; questo rango è chiamato *catena* perchè incatena per così dire tutte le opere le une con le altre. Dopo ciò si comincia di nuovo a fare un alzato di mattoni di cinque ranghi d'altezza, diminuendo d'un mezzo mattone al primo rango, e terminando con uno e mezzo al quinto, colla parte posteriore guernita di pietrame come si è fatto pel primo alzato, e così di seguito.

Da un altro lato si continua a condurre i paramenti per filari di pietre, (*boutisses* e *panneresses*) le une ben incastrate nella grossezza del muro e le altre serrate e murate tra quelle dando alla loro faccia la scarpa della muratura sino a tanto che il basamento sia giunto all'altezza che si vorrà assegnargli che è ordinariamente di cinque o sei piedi più o meno secondo l'altezza dell'opera.

La sommità dell'ultimo filare del basamento deve essere tagliata in *isdrucciolo* da due parti: questa parte del paramento si fabbrica, come l'abbiam già detto, con malta di cemento, di trass o di cenere di Tournay, secondo i paesi ove si fa lavorare: se ne usa anche in tutti gli altri muri, circondati dall'acqua.

Terminato il basamento si continua ad innalzare il resto del paramento in mattoni o in pietrame battuto, ma per lo più di mattoni; per la qual cosa ho supposto che il profilo rappresentato dalla figura 94, tav. IX, fosse di quel genere: esso esprime benissimo la disposizione dei filari che compongono l'imbasamento, le catene di mattoni che si fanno dopo ciascun alzato e i cinque ordini di cui abbiamo parlato che van sempre diminuendosi d'un mezzo mattone, e siccome questa figura aiuta moltissimo a far intendere la costruzione che mi sono proposto di descrivere, risparmierò di entrare in particolarità che non possono sfuggire a chi vi presta appena qualche attenzione.

Se il resto del paramento al di sotto del basamento si fa di mattoni si comincia dal posarne una fila che si mette a piatto e che formano faccia colla loro testa: su di questo se ne mette un'altra a piatto pur di mattoni che fan faccia colla sua lunghezza, e così alternativamente, osservando di seguir sempre la scarpa indicata dal profilo, e sempre nello stesso modo sino al cordone, al contrario di quel che si pratica dietro la muraglia, che deve essere a piombo al pari dei contrafforti.

Formando il paramento si armano gli angoli salienti di pietra da taglio sporgente d'un pollice e mezzo, posata per filare regolato, e le due facce di ciascuna pietra che formano paramento, sono foggiate in modo che formano un angolo precisamente eguale a quello che deve formar l'opera, procurando di dar pure a queste facce la scarpa che deve avere il rivestimento, come vedesi nella figura 93. Giunti all'altezza che si vuol

dare al rivestimento si termina con un cordone della stessa pietra d' un piede d' altezza, foggiato a semicircolo, e sporgente di circa cinque o sei pollici. Questo cordone è pur composto di pietre che forman faccia colla loro lunghezza ed altre colla loro testa, le prime devono avere almeno ventiquattro pollici di letto, non compreso lo sporto, e le seconde 3 piedi di coda, colla parte posteriore ben munita e condotta alla medesima altezza: si innalza poi qualche volta su la sommità della muraglia un piccolo muro a sezione rettangolare, al quale si danno quattro piedi d' altezza e tre di grossezza per servire di rivestimento al parapetto. Quando la pietra di taglio non è scarsa gli si fa una fascia di 3 o 4 pollici d' aggetto, oppure si copre tutta la muratura con una fila di mattoni concatenati alternativamente, metà dalla parte più larga e metà dalla più stretta, con i quali si fa pure una fascia che aggetta soltanto d' un pollice o d' un pollice e mezzo, osservando di dare alla corona un pendio di 4 pollici, dal di dietro all' innanzi, il tutto formato a piccole commessure, ben unite e ben agguagliate.

Quando si fanno i mezzi rivestimenti, seguonsi le stesse norme già additate, vale a dire si innalza la muratura dall' ultima risega dei fondamenti sino all' altezza della linea di livello, o almeno fino al livello del pian terreno; il resto dell' altezza si riveste di zolle, e nel resto seguonsi le norme del quinto articolo del profilo generale del sig. di Vauban.

Quanto al rivestimento delle controscarpe e di quelli delle gole delle opere, la muratura si fa colle medesime precauzioni che ai bastioni, come può vedersi dalla figura 91.

Siccome bene spesso si è costretti a legare la nuova muratura con la vecchia, mi fermerò un momento per insegnare una pratica che sarà bene seguire in siffatti casi, ed alla quale i muratori fan sì poca attenzione, che bene spesso l' opera riesce difettosa in questa parte.

Dopo avere staccata una parte della vecchia muratura per cercar delle morse, bisogna raschiare la malta sicchè più non comparisca che nel fondo delle commessure, poi nettare esattamente sicchè non vi resti polvere. A tal effetto, dopo avere adoperato una scopa, si adoperino grosse spazzole acciò le setole s' introducano nei pori più impercettibili, facendo uscire tutto quello che vi si trova, perchè d' ordinario questa polvere sparsa su le pietre impedisce alla malta d' insinuarsi ne' suoi pori per fare una buona legatura. Dopo questa operazione bisogna gettare su la vecchia muratura una gran quantità d' acqua a diverse riprese perchè vi si imbeva ed acquisti per così dire una virtù attrattiva.

Bisogna avere in un tino della buona calce stemperata in modo che riesca grassa e glutinosa; parecchi manuali bagneranno delle spazzole nella calce battendone la muratura perchè penetri nelle commessure e nei pori della pietra, sino a tanto che sia ben imbevuta, e che ve ne sia posta tal quantità che questa colla di calce sia più alta di tre o quattro linee della superficie della muratura, dopo poi vi sovrapporrà della buona malta per murare come al solito, facendo in modo che la pietra o il mattone siano ben intralciati colle morse e facciano buona lega. Allora la calce che trovasi tra la vecchia e la fresca muratura le unisce tanto bene incorporandosi nell' una e nell' altro che in poco tempo si forma un tutto per cui l' opera diviene molto più indissolubile nelle commessure che in tutt' altre

luogo, come l' esperienza lo ha sempre dimostrato. — Ecco quant' io mi son proposto di dire su la muratura in generale; mi sono un po' esteso su quella dei rivestimenti delle fortificazioni perchè appartiene singolarmente al mio proposito; ma se avessi voluto in egual modo parlare circostanziatamente di ciò che richieder potrebbe una particolar costruzione, secondo i particolari casi che si possono presentare, non avrei mai più finito. Per la qual cosa m' atterrò all' idea data, proponendomi di non ommettere in progresso quelle nozioni che crederò necessarie, quando me se ne presenti l' occasione opportuna, trattandosi p. e. dei ponti, delle volte, delle chiuse, e d'altre opere considerevoli che esigono un metodo particolare di costruzione.

Spiegazione di alcune Tavole per determinare le dimensioni d' ogni sorta di rivestimenti in muratura.

Composto il primo libro, mi cadde più volte in pensiero che molti non avrebbero fatto gran conto delle regole insegnate per trovare la grossezza dei rivestimenti, a cagione della lunghezza dei calcoli e delle operazioni astratte che bisognava fare, e che il modo sicuro per contentar tutti era quello di dar delle Tavole ove trovar si potessero le dimensioni d' ogni profilo eseguibile, secondo le differenti scarpe dei rivestimenti, sia per quelli che debbono sostener dei bastioni coi loro parapetti, sia per gli altri che non avendo parapetti da sostenere, servirebbero ai terrapieni, ai muriccinoli, alle strade, alle controscarpe (1), alle gole delle opere (2), ec. Ma queste tavole, come io le avea primamente immaginate, mi parvero richiedere tanta fatica ch' io avrei dimesso il pensiero se il voto d' alcuni intelligenti non mi avesse animato a scriverle e pubblicarle.

Nè si credan queste conformi alle altre già riportate alla fine del ꝗ. 37 del Primo Libro, perchè in quelle tutti i profili sono dipendenti da una scarpa, che è sempre la quinta parte dell' altezza, e non vi si suppongono contrafforti, ed in queste si ha una serie di rivestimenti dai 10 piedi sino ai 100, che hanno non solamente per scarpa il quinto dell' altezza, ma il sesto, il settimo, l' ottavo, il nono e il decimo, a norma dei profili che si vogliono scegliere. Inoltre tutti i rivestimenti han contrafforti, le dimensioni dei quali son determinate corrispondentemente a quell' altezza del bastione che si vorrà.

La tavola a pag. 166 comprende le dimensioni d'ogni sorta di rivestimento che sostengono bastioni con parapetti; ma siccome può assegnarsi a questi rivestimenti una scarpa più o meno considerabile, questa tavola dividesi in sette parti e ciascuna delle prime sei in due; la prima di queste determina la grossezza da darsi alla sommità dei rivestimenti, l'altra quella della base degli stessi rivestimenti che hanno dai 10 sino ai 100 piedi

(1) Controscarpa è la scarpa, cha chiude il fosso, che serve a sostenere la terra della campagna, affinchè non frani nella fossa. La parte superiore dicesi *ciglio* della controscarpa.

(2) Gola è l'ingresso del bastione verso la piazza, ed è quel che resta dei lati del poligono di una piazza dopo toltone via la cortina: nel qual caso fa un angolo nel centro del bastione. La gola poi delle opere esterne è l'intervallo dei loro lati attorno al fosso.

21

d' altezza. Così la prima parte comprende la grossezza dei rivestimenti che hanno un quinto di scarpa; la seconda quella dei rivestimenti che non hanno per scarpa che la sesta parte della loro altezza; la terza, quarta, quinta e sesta parte comprendon di seguito le stesse grossezze, per i rivestimenti che avessero per iscarpa un settimo, un ottavo, un nono ed un decimo della loro altezza.

La settima parte poi comprende tre colonne le quali esprimono le dimensioni dei contrafforti che devono accompagnare tutti i rivestimenti di cui si tratta nelle sei prime parti. Ed è bene il notare che tutti i rivestimenti della medesima altezza, sia che abbiano per scarpa un quinto, un settimo o un decimo, devono aver sempre dei contrafforti, le dimensioni dei quali sieno le stesse di quelle segnate nella settima parte lungh'esso la linea corrispondente all'altezza di cui si tratta. Inoltre questi contrafforti son sempre collocati alla distanza di 18 piedi da mezzo a mezzo, sia piccolo o grande il rivestimento; e mi sono in ciò attenuto alla massima del sig. Vauban nel suo profilo generale di cui ho ritenuto i contrafforti, perchè mi parvero di un' assai ragionevole proporzione. Per altro so bene che gli Ingegneri amano meglio porli alla distanza di 15 piedi anzichè di 18 piedi da mezzo a mezzo, quantunque non comprenda abbastanza il motivo di questa preferenza, giacchè quando il rivestimento ha una grossezza sufficiente e riesce la resistenza maggiore della spinta delle terre non v' ha ragione di moltiplicare inutilmente i contrafforti. Gli ho fatti distanti 18 e non 15 piedi, a fine di impedire che crescendo le dimensioni delle loro basi, di mano in mano che i rivestimenti diventan più alti, non si trovassero troppo serrati. Questo non toglie però nell' uso che si farà di queste tavole, che non si possa volendo avvicinar di più i contrafforti mettendoli a 15 piedi e seguire esattamente tutte le altre dimensioni. Volendo far ciò, che mi pare inutilissimo, il rivestimento avrà ancora una resistenza maggiore della necessaria all' equilibrio.

Per insegnare come si adoperino queste Tavole supporremo che vogliansi rivestire le faccie d' una mezzaluna (1), che il rivestimento debba avere venticinque piedi d' altezza dopo l' ultima ritratta; o, se vuolsi, dal fondo della fossa sino al cordone (2) e per scarpa un settimo dell'altezza; si domanda quali dovranno essere le dimensioni delle piante e dei profili, perchè il rivestimento sia capace colla sua resistenza di sopportare uno sforzo maggiore della spinta delle terre del bastione e del parapetto. Cerco nella colonnetta che indica l'altezza dei rivestimenti il numero 25 e lungh'esso la stessa linea orizzontale passo alla terza parte, che indica doversi dare 6 piedi, 1 pollice ed 11 linee di grossezza alla sommità del rivestimento in quistione, e 9 piedi, 8 pollici e 9 linee alle base. Di là sempre su la

(1) Mezzaluna quell'opera distaccata che si colloca innanzi agli angoli fiancheggiati dei bastioni, e per lo più accompagnata da due aloni, coi quali forma una contragguardia spezzata. La scarpa interna della mezzaluna è formata con un arco che mostra la sua concavità all' angolo fiancheggiato del bastione. Intendesi poi per *alone* quell' opera distaccata composta di quattro lati che si pone innanzi le faccie dei bastioni. I suoi quattro lati si chiamano *cortine* o *facce*: *fronte* il lato verso la campagna, *contrascarpa* il lato verso la faccia dell'opera e *parte di fuori* il lato *obliquo verso la fortezza*.

(2) Cordone un risalto tondo di pietra o di mattoni, che si pone per ornamento tra l' estremità superiore della scarpa del muro ed il principio del parapetto. Viene anche chiamato *collarino*.

stessa linea passo alla settima parte per trovar le dimensioni dei contrafforti, e vedo che bisogna assegnar loro 7 piedi di lunghezza, 4 piedi e 6 pollici di grossezza alla radice, e 3 piedi alla coda, spaziandoli di 18 piedi da mezzo a mezzo. Se invece d' un settimo di scarpa, non si volesse che un nono dell' altezza, seguendo sempre la linea dei 25 piedi, bisognerà prendere le dimensioni della sommità e della base nella quinta parte, e si troveranno 7 piedi, 1 pollice e 7 linee per l'un caso, 9 piedi, 10 pollici ed 11 linee per l' altro, e i contrafforti come sopra.

Quanto alla tavola posta a pag. 168 è quasi in tutto distribuita come la precedente; e la sola differenza consiste in ciò che la prima tratta di quei rivestimenti che hanno un parapetto da sostenere, mentre l' altra serve per i rivestimenti le cui sommità sarebbero a livello colla superficie dell' opera di cui si tratta. Per esempio, volendosi conoscere le dimensioni del rivestimento d'una controscarpa di 15 piedi di altezza, ed alla quale vogliasi dare $\frac{1}{8}$ di scarpa, cerco nella colonna delle altezze il numero 15 e lungh'esso la stessa linea passo alla quarta parte, ove trovo che si devono assegnare 2 piedi, 9 pollici e 10 linee alla sommità, e 4 piedi, 8 pollici e 4 linee alla base; di là alla settima, ove noto che i contrafforti dello stesso rivestimento debbono avere 5 piedi di lunghezza, 3 piedi e 6 pollici di grossezza alla radice, e 2 piedi e 4 pollici alla coda, sempre a 18 piedi di distanza da mezzo a mezzo.

Si è generalmente supposto in queste tavole, che i contrafforti fossero alti quanto i rivestimenti ai quali corrispondono, come si usa qualora si tratti di sostenere un bastione con parapetto, e quando questo è guernito di un piccolo muro di 4 piedi d' altezza innalzato al di sopra del cordone. Ma quando trattasi d' un semirivestimento o di sostenere una controscarpa o la gola di un' opera, allora la sommità dei contrafforti si termina ad un piede od un piede e mezzo più in basso di quella del rivestimento, perchè non vi sia che quella parte della muratura che comparisce all' esterno: così si potrà in ogni caso tener conto di quanto ho detto, senza alcun timore che il rivestimento riesca meno solido, quantunque l' altezza dei contrafforti diminuisca alcun poco.

Per calcolar queste tavole mi sono esattamente attenuto a quanto si è detto alla fine del §. 51 del Primo Libro, al proposito del profilo generale di Vauban, cioè ho considerata l' equazione

$$y = -n \pm \sqrt{\left(n^2 + 2bf - \frac{2}{3}d^2 - \frac{2ph}{q}(g-d)\right)}$$

come una formola generale che applicar si potesse ad ogni sorta di rivestimenti, in cui son date le dimensioni dei contrafforti, l' altezza dei rivestimenti e la loro scarpa, e non tratta più che di trovare la grossezza della sommità relativamente alla spinta delle terre che devono sopportare. Così ho adoperato tavole di potenze equivalenti alla spinta delle terre

come nel §. 37, ed in tale occasione mi sono avveduto quanto comodo fosse avere delle espressioni che equivalessero a queste potenze, poichè se fossi stato obbligato a cercarle di mano in mano che ne avessi avuto bisogno, le tavole a pag. 166 e 168 m' avrebbero costato più di quattro mesi di continuo lavoro. Soggiungerò d' aver sempre supposte le potenze equivalenti alla spinta delle terre maggiori d' un sesto del vero valore perchè i rivestimenti fossero al di sopra dell' equilibrio; sicchè io reputo queste tavole correttissime e tali da potersene all' uopo servire con tutta sicurezza, senza nulla aumentare o diminuire delle riferite dimensioni, a meno che per brevità di calcolo non vogliansi trascurare le minime frazioni. Per esempio si potranno sopprimere le *linee*, quantunque io le abbia scrupolosamente notate quali risultarono dal calcolo, perchè quattro o cinque linee più o meno ed anche 2 o 3 pollici, trattandosi di grandi rivestimenti, poco importano in pratica, benchè l' esattezza non sia mai un difetto.

Siccome l'altezza dei rivestimenti di tutte queste tavole crescono sempre di cinque piedi dai 10 sino ai 100, non v' ha altezza di bastione che presso a poco non corrisponda a quelle che qui son riportate. Se si trattasse d'un rivestimento di 31 o di 32 piedi, numeri che non si trovano nella colonna delle altezze, si potranno prendere le dimensioni che corrispondono ai rivestimenti di 30 piedi, senza aver timore che sian troppo piccoli, poichè daranno sempre al rivestimento una forza maggiore della necessaria per l' equilibrio, a cagione dell' aumento dato alla potenza agente. Così trattandosi d' un rivestimento di 33 o 34 piedi, si potrebber prendere le dimensioni a quello appartenenti di 35, benchè un po' troppo grandi; in una parola si prenderanno sempre quelle dimensioni del rivestimento che più s' avvicinano alle dimensioni di quel che si vuol costruire.

È qui opportuno il notare che le dimensioni dei contrafforti crescendo in progressione aritmetica, le loro basi devono crescere in superficie nella ragion dei quadrati dei loro lati omologhi, e prendendo per lato omologo la lunghezza di ciascun contrafforte cioè

4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,

le loro basi cresceranno nel rapporto di

16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 169, 196, 225, 256, 289, 324, 361, 400, 441, 448.

Ora siccome gli ultimi quadrati sono assai grandi rispetto ai primi, ne segue che le basi dei contrafforti, e quindi anche i contrafforti medesimi, aumentino in ragione maggiore di quel che facciano i rivestimenti. Ma siccome non è possibile che i contrafforti crescano più del dovere, senza che le grossezze della sommità della base dei rivestimenti diminuiscano, ne segue che le differenze delle grossezze notate nelle colonne invece d' aumentare debban piuttosto diminuire di mano in

mano che i rivestimenti son più elevati. E ciò vedesi chiaro in ogni colonna, poichè gli ultimi numeri son più piccoli rispettivamente ai primi, la qual cosa m' avea piuttosto imbarazzato sul bel principio; ma compresone il motivo, ho considerato questo cambiamento come una prova della esattezza del principio, anzichè come conseguenza di errori che avessero potuto correr nei calcoli.

TAVOLA per la grossezza da darsi alla sommità ed alla base dei rivestimenti dei Bastioni di fortificazione colle dimensioni dei lor contrafforti, notando che la distanza

ALTEZZA dei rivestimenti		GROSSEZZA alla sommità per un quinto di scarpa		GROSSEZZA su la base per un quinto di scarpa		GROSSEZZA alla sommità per un sesto di scarpa		GROSSEZZA su la base per un sesto di scarpa		GROSSEZZA alla sommità per un settimo di scarpa		GROSSEZZA su la base per un settimo di scarpa		GROSSEZZA alla sommità per un ottavo di scarpa	
pie.	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
10	3,2484	3 5 4	1,1186	5 5 4	1,7683	3 8 11	1,2157	5 4 11	1,7547	3 11 6	0,9601	5 4 6	1,7459	4 1 3	1,3331
15	4,8724	4 1 4	1,3353	7 1 4	2,3097	4 6 9	1,4819	7 — 9	2,2939	4 10 8	1,5995	7 — 4	2,2831	5 1 8	1,6693
20	6,4966	4 8 8	1,5357	8 8 8	2,8430	5 3 9	1,7255	8 7 9	2,8081	5 9 4	1,8769	8 7 7	2,8040	6 — 8	1,9672
25	8,1207	5 2 —	1,6782	10 2 —	2,3022	5 10 7	1,9103	10 — 7	3,2639	6 1 11	1,9984	9 8 9	3,1603	6 9 11	2,0796
30	9,7449	5 5 9	1,7794	11 5 9	3,7283	6 5 3	2,1008	11 5 3	3,7250	6 9 11	2,0796	11 1 4	3,6091	7 6 3	2,4499
35	11,3690	5 8 3	1,8472	12 8 3	4,1209	6 8 4	2,1834	12 6 4	4,0692	7 4 11	2,4044	12 4 11	4,0286	7 11 9	2,5920
40	12,9932	5 10 7	1,9104	13 10 7	4,5088	7 — 9	2,2939	13 8 9	4,4595	7 8 4	2,5082	13 4 10	4,3539	8 2 9	2,6730
45	14,6175	6 — 6	1,9762	15 — 6	4,8995	7 3 —	2,3551	14 9 —	4,7908	8 3 —	2,6799	14 8 1	4,7931	8 11 7	2,9119
50	16,2415	6 1 8	1,9938	16 1 8	5,2429	7 6 9	2,4562	15 10 9	5,1634	8 7 5	2,7992	15 9 1	5,1162	9 4 8	3,0500
55	17,8656	6 2 9	2,0232	17 2 9	5,5960	7 10 2	2,5488	17 — 2	5,5257	8 11 —	2,8962	16 9 3	5,4469	9 9 5	3,1783
60	19,4898	6 3 4	2,0390	18 3 4	5,9367	8 — 3	2,6048	18 — 3	5,8604	9 2 6	2,9911	17 9 3	5,7727	10 1 10	3,3021
65	21,1139	6 4 6	2,0706	19 4 6	6,2931	8 3 9	2,6998	19 1 9	6,2063	9 6 4	3,0946	18 9 7	6,1061	10 7 7	3,4537
70	22,7381	6 5 7	2,0996	20 5 7	6,6470	8 6 —	2,7612	20 2 —	6,5505	9 9 3	3,1836	19 9 3	6,4211	10 9 3	3,4984
75	24,3622	6 6 6	2,1248	21 6 6	6,9967	8 7 9	2,8081	21 1 9	6,8560	9 10 8	3,2139	20 7 3	6,7026	11 1 6	3,6139
80	25,9864	6 7 4	2,1473	22 7 4	7,3441	8 8 3	2,8215	22 — 3	7,1526	10 — 3	3,2618	21 5 3	6,9733	11 3 3	3,6611
85	27,6205	6 8 2	2,1698	23 8 2	7,6915	8 9 6	2,8556	22 11 —	7,4440	10 2 5	3,3106	22 4 1	7,5816	11 5 3	3,7250
90	29,2347	6 9 6	2,2060	24 9 6	8,0523	8 10 3	2,8758	23 10 4	7,6425	10 3 11	3,3539	23 2 2	7,6302	11 7 9	3,7827
95	30,8588	6 11 6	2,2600	25 11 6	8,4312	8 11 —	2,8962	24 9 —	8,0392	10 4 9	3,3767	23 11 7	7,7843	11 8 4	3,8071
100	32,4839	7 — —	2,2739	27 — —	8,7705	9 — —	2,9236	25 8 —	8,3377	10 6 —	3,4107	24 9 —	8,0392	11 9 2	3,8210

che hanno dai 10 sino ai 100 piedi d'altezza rispetto alle diverse scarpe che si vogliono ad essi assegnare, di questi deve essere di diciotto piedi da mezzo a mezzo

Grossezza su la base per un ottavo di scarpa		Grossezza alla sommità per un nono di scarpa		Grossezza su la base per un nono di scarpa		Grossezza alla sommità per un decimo di scarpa		Grossezza su la base per uo decimo di scarpa		Lunghezza dei contrafforti		Grossezza dei contrafforti alla radice		Grossezza dei cootrafforti alla coda		Altezza dei rivestimenti	
piedi	metri	piedi	metri	piedi	metri	piedi	metri	piedi	metri	p.	metri	piedi	metri	p.	metri	p.	metri
5 4 —	1,7866	4 2 9	1,3739	5 4 —	1,7866	4 4 3	1,4215	5 4 —	1,7866	4	1,2994	3 –	0,9246	2 –	0,6497	10	3,2484
7 — 2	2,2784	5 3 1	1,7078	6 11 1	2,2494	5 3 1	1,7078	6 9 1	2,2217	5	1,6242	3 6	1,1369	2 4	0,7580	15	4,8724
8 6 8	2,7907	6 3 11	2,0326	8 6 8	2,7907	6 6 5	2,1228	8 6 5	2,7725	6	1,9491	4 –	1,2994	2 8	0,8664	20	6,4966
9 11 5	3,2322	7 1 7	2,2898	9 10 8	3,2139	7 4 8	3,4003	9 10 8	3,2139	7	2,2739	4 6	1,4618	3 –	0,9746	25	8,1207
11 3 4	3,6621	7 8 9	2,5108	11 — 9	2,6139	8 — 6	2,6259	11 — 6	3,6005	8	2,5988	5 –	1,6242	3 4	1,0828	30	9,7449
12 4 3	4,0198	8 5 —	2,7338	12 3 8	3,9971	8 9 6	2,8556	12 3 4	3,9878	9	2,9236	5 6	1,7867	3 8	1,1912	35	11,3690
13 2 9	4,2972	8 11 10	2,8916	13 5 2	4,3640	9 4 8	3,0499	13 4 8	4,3494	10	3,2484	6 –	1,9491	4 –	1,2994	40	12,9932
14 7 1	4,7395	9 6 3	3,0996	14 6 3	4,7165	9 11 5	3,2322	14 5 9	4,7026	11	3,5733	6 6	2,1114	4 4	1,4618	45	14,6175
15 7 8	5,0801	10 — 5	3,2593	15 7 1	5,0643	10 6 3	3,4245	15 6 3	5,0488	12	3,8981	7 –	2,2726	4 8	1,5162	50	16,2415
16 7 11	5,4117	10 5 8	3,4559	16 7 —	5,3869	11 — 3	3,5801	16 6 3	5,3736	13	4,2230	7 6	1,4362	5 –	1,6242	55	17,8656
17 7 9	5,7317	10 10 10	3,5411	17 6 10	5,7073	11 6 1	3,7628	17 6 1	5,7119	14	4,5478	8 –	2,5988	5 4	1,7866	60	19,4898
18 9 1	6,0908	11 3 4	3,6621	18 6 —	6,0095	12 1 2	3,9292	18 7 2	6,0404	15	4,8726	8 6	2,7611	5 8	1,8408	65	21,1139
19 6 3	6,3470	11 6 6	3,7490	19 3 10	6,2797	12 5 2	4,0373	19 5 2	6,3112	16	5,1975	9 –	2,9236	6 –	1,9491	70	22,7381
20 6 —	6,5990	11 10 8	3,8614	20 2 8	6,5690	12 8 8	4,1322	20 2 8	6,8682	17	5,5223	9 6	3,0857	6 4	2,0574	75	24,3622
21 3 4	6,9102	12 1 2	3,9292	21 — —	6,8214	13 — 9	4,2430	21 — 9	6,8417	18	5,8469	10 –	3,2484	6 8	2,1656	80	25,9864
22 — 9	7,1665	12 3 8	3,9971	21 8 11	7,1145	13 4 10	4,3539	21 10 11	7,1161	19	6,1717	10 6	3,4107	7 –	2,2739	85	27,6205
22 10 8	7,4369	12 5 3	4,0498	22 5 3	7,2983	13 7 9	4,4765	22 7 9	7,4002	20	6,4966	11 –	3,5733	7 4	2,3822	90	29,2347
23 6 11	7,6557	12 6 4	4,0492	23 2 —	7,5251	13 10 7	4,5088	23 3 7	7,5674	21	6,8214	11 6	3,7356	7 8	2,4905	95	30,8588
24 3 2	7,8820	12 9 —	4,1417	23 10 4	7,7513	14 — 6	4,7102	24 — 6	7,9585	22	7,1498	12 –	3,8981	8 –	2,5985	100	32,4839

TAVOLA per le grossezze della base e della sommità dei rivestimenti senza parapetto, come quelli dei rispetto alle scarpe diverse che si vogliono ad essi assegnare, colle dimensioni dei

Altezza dei rivestimenti		Grossezza alla sommità per un quinto di scarpa		Grossezza sulla base per un quinto di scarpa		Grossezza alla sommità per un sesto di scarpa		Grossezza sulla base per un sesto di scarpa		Grossezza alla sommità per un settimo di scarpa		Grossezza sulla base per un settimo di scarpa		Grossezza alla sommità per un ottavo di scarpa	
piè.	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*
10	3,2484	1 3 —	0,4051	3 3 —	1,0002	1 6 5	0,4884	3 2 5	1,0420	1 8 11	0,5662	3 2 —	1,0289	1 10 8	0,5954
15	4,8724	1 10 —	0,5999	4 10 2	1,5245	2 3 3	0,7375	4 9 2	1,5485	2 7 —	0,8392	4 8 8	1,5240	2 9 10	0,9160
20	6,4966	2 4 5	0,7712	6 4 6	2,0706	2 11 2	0,9518	6 3 2	2,0369	3 4 10	1,0553	6 3 1	2,0369	3 7 10	1,1367
25	8,1207	2 10 8	0,9400	7 10 8	2,5642	3 6 2	1,1505	7 8 2	2,4869	4 — 3	1,3062	7 7 1	2,4719	4 5 1	1,4370
30	9,7449	3 3 6	1,0692	9 3 6	3,0183	4 3 5	1,3918	9 3 5	3,0160	4 8 3	1,5227	8 11 8	2,9068	5 3 7	1,7211
35	11,3690	3 8 —	1,1912	10 8 —	3,4651	4 4 7	1,4257	10 5 7	3,399	5 4 2	1,7392	10 4 2	3,3634	5 10 10	1,9173
40	12,9932	4 — —	1,2994	12 — —	3,8981	5 1 3	1,6600	11 9 3	3,8260	5 11 3	1,9286	11 7 9	3,7829	6 6 7	2,1262
45	14,6175	4 3 3	1,3872	13 3 3	4,3108	5 6 6	1,8000	13 — 6	4,3854	6 5 4	2,0934	12 10 5	4,1799	7 1 9	2,3210
50	16,2415	4 6 —	1,4618	14 6 1	4,7002	5 10 9	1,9150	14 2 9	4,6225	6 11 3	2,2603	14 — 11	4,5725	7 8 4	2,4992
55	17,8656	4 8 3	1,5224	15 8 3	5,0957	6 2 9	2,0232	15 4 9	5,0009	7 4 2	2,3889	15 2 5	4,9348	8 2 4	2,6620
60	19,4898	4 10 2	1,5755	16 10 2	5,4736	6 6 11	2,1340	16 9 11	5,3280	7 9 1	2,5200	16 3 11	5,3030	8 8 1	2,8074
65	21,1139	4 11 9	1,6074	17 11 9	5,8304	6 9 11	2,3796	17 7 11	5,7391	8 1 9	2,6460	17 4 2	5,6440	9 1 10	2,9731
70	22,7381	5 1 9	1,6715	19 1 9	6,2193	7 0 6	2,3010	18 9 6	5,1040	8 4 5	2,7203	18 4 5	5,9683	9 5 6	3,0724
75	24,3622	5 2 —	1,6782	20 2 —	6,5508	7 3 9	2,3752	19 9 9	6,4356	8 7 6	2,8017	19 4 —	6,2803	9 8 7	3,1558
80	25,9864	5 3 4	1,7144	21 3 4	6,9119	7 5 5	2,4202	20 9 5	6,7538	8 10 1	2,8694	20 3 2	6,5847	9 11 —	3,2213
85	27,6205	5 4 7	1,7482	22 4 7	7,2705	7 6 9	2,4590	21 8 9	7,0582	8 11 6	2,9098	21 — 2	6,8281	10 1 6	3,2891
90	29,2347	5 5 6	1,7733	23 5 6	7,6202	7 7 4	2,4721	22 7 4	7,3483	9 1 8	2,9686	21 11 11	7,1438	10 3 8	3,3497
95	39,8588	5 5 9	1.7796	24 5 9	7,9513	7 8 6	2,5080	23 6 6	7,6471	9 3 6	3,0183	22 10 4	7,3177	10 5 4	3,4002
100	32,4839	5 6 6	1,8001	25 6 6	8,2965	7 9 7	2,5309	24 5 7	7,9464	9 4 9	3,0519	23 8 2	7,6921	10 7 —	3,4379

terrapieni, dei muricciuoli di spiaggia, della controscarpa e gole delle opere, dai 10 sino ai 100 piedi di altezza contrafforti, dato che la distanza dei contrafforti sia di 18 piedi da mezzo a mezzo

GROSSEZZA sulla base per un ottavo di scarpa		GROSSEZZA alla sommità per un nono di scarpa		GROSSEZZA sulla base per un nono di scarpa		GROSSEZZA alla sommità per un decimo di scarpa		GROSSEZZA sulla base per un decimo di scarpa		LUNGHEZZA dei contrafforti		GROSSEZZA dei contrafforti alla radice		GROSSEZZA dei contrafforti alla coda		ALTEZZA dei rivestimenti	
piedi	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*piedi*	*metri*	*p.*	*metri*	*piedi*	*metri*	*p.*	*metri*	*pie.*	*metri*
3 1 8	1,0196	2 — 1	0,6519	3 1 4	0,9606	2 1 4	0,6358	3 1 4	0,9606	4	1,2994	3 —	0,9746	2 —	0,6497	10	3,2484
4 8 4	1,5224	3 — —	0,9246	4 8 —	1,5162	3 1 8	1,0218	4 7 8	1,5068	5	1,6242	3 6	1,1369	2 4	0,7580	15	4,8724
6 1 10	2,0485	3 10 10	1,2655	6 1 6	1,9896	4 1 8	1,3337	6 — 8	1,9671	6	1,9491	4 —	1,2994	2 8	0,8664	20	6,4966
7 6 7	2,4521	4 8 9	1,5362	7 6 —	2,3864	4 11 7	1,6125	7 5 7	2,4248	7	2,2739	4 6	1,4618	3 —	0,9246	25	8,1207
8 11 6	2,9097	5 6 9	1,8093	8 10 9	2,8897	5 10 7	1,9103	8 10 7	2,8349	8	2,5986	5 —	1,6242	3 4	1,0828	30	9,7449
10 — 4	3,2574	6 3 11	2,0545	10 2 5	3,3106	6 8 8	2,1933	10 1 6	3,2619	9	2,9236	5 6	1,7867	3 8	1,1912	35	11,3690
11 6 7	3,6515	7 — 5	2,3347	11 5 11	3,7332	7 5 3	2,4256	11 5 3	3,7250	10	3,2484	6 —	1,9491	4 —	1,2994	40	12,9932
12 9 3	4,1505	7 8 4	2,5082	12 8 5	4,1358	8 1 11	2,6481	12 7 11	4,1149	11	3,5733	6 6	2,1114	4 4	1,4618	45	14,6175
13 11 4	4,·316	8 4 1	2,7091	13 10 9	4,5138	8 9 6	2,8557	13 9 6	4,4799	12	3,8981	7 —	2,2736	4 8	1,5162	50	16,2415
15 — 10	4,8950	8 11 7	2,9127	14 11 11	4,8699	9 5 2	3,0254	14 11 2	4,8589	13	4,2230	7 6	2,4362	5 —	1,6242	55	17,8656
16 2 1	5,2513	9 6 —	3,0857	16 1 —	5,2245	10 — 4	3,2570	16 — 4	5,2065	14	4,5478	8 —	2,5988	5 4	1,7866	60	19,4898
17 3 4	5,6112	9 10 8	3,2143	17 1 4	5,5313	10 6 5	3,4220	17 — 4	5,5313	15	4,8726	8 6	2,7611	5 8	1,8408	65	21,1139
18 2 6	,9145	10 4 9	3,3767	18 2 —	5,9015	11 — 4	3,5823	17 11 4	5,8392	16	5,1975	9 —	2,9236	6 —	1,9491	70	22,7381
19 1 1	6,1740	10 8 —	3,4651	19 — —	6,1717	11 6 —	3,7356	18 11 11	6,2192	17	5,5223	9 6	3,0857	6 4	2,0579	75	24,3622
19 11 6	6,4821	10 11 6	3,5594	19 10 2	6,4468	11 11 4	3,8901	19 10 —	6,4424	18	5,8469	10 —	3,2484	6 8	2,1656	80	25,9864
20 9 —	6,7398	11 2 —	3,6276	20 7 4	6,6951	12 4 —	4,0070	20 5 —	6,6319	19	6,1717	10 6	3,4107	7 —	2,2739	85	27,6205
21 8 8	7,0553	11 4 10	3,7038	21 4 10	6,9522	12 7 6	4,1011	21 4 6	6,9431	20	6,4966	11 —	3,5733	7 4	2,3822	90	29,2347
22 3 10	7,2494	11 6 4	3,7444	22 1 —	7,1768	12 10 2	4,1687	22 — 2	7,1543	21	6,8214	11 6	3,7356	7 8	2,4905	95	30,8588
23 1 —	7,4486	11 8 —	3,7899	22 9 4	7,3992	13 — 9	4,2430	22 8 9	7,3834	22	7,1498	12 —	3,8981	8 —	2,5986	100	32,4839

CAPITOLO UNDECIMO

Dei sotterranei e come si applichino su le loro volte i coperchi di cemento.

Chiamansi sotterranei que' luoghi fatti a vòlta che praticansi sotto i bastioni d'una piazza, come, a cagion d'esempio le porte false (*poternes*) (1) che servono a comunicare nelle opere staccate, i magazzeni che possono stabilirsi nelle torri e tutti i luoghi fabbricati a prova di bomba (2) per servir di rifugio in tempo d' assedio.

I sotterranei giovano moltissimo nelle piccole fortezze, nelle cittadelle e nei castelli, ove quasi tutti i luoghi sono esposti ad essere distrutti in pochissimo tempo; mentre nelle grandi piazze si ha sempre qualche quartiere lontano dai punti di attacco, in cui si possono mettere le munizioni da guerra e da bocca, ed anche gli infermi ed i feriti.

Prima però di parlare della distribuzione dei sotterranei, convien dire alcun che su la maniera di costruirli, perchè non basta soltanto renderli a prova di bomba, bisogna altresì porli al coperto dalle ingiurie del tempo e il più che sia possibile dalla umidità. A tale effetto si applicano sulle volte dei coperchi di cemento che si fabbricano nel seguente modo.

Il cemento per tal uopo si fa ordinariamente colla cenere di Tournay, battuta e preparata ogni quattro o cinque giorni, per sei settimane, badando di non innaffiarla che la prima volta; o pure si prende un terzo di buona calce viva sopra due terzi di trass d' Olanda, che si batte e prepara nello stesso modo. In vece del trass d' Olanda, si fa uso, volendo, due terzi di pozzolana o di vecchie tegole ben cotte, ridotte in polvere passato allo staccio; ma o l'uno o l'altro di questi cementi che si adoperi, è necessario ridurli ben bene in polvere con un mulino a braccia, poi battere insieme le due materie che lo compongono, quindi mestarle lunga pezza in tinozze di tavole espressamente fatte; questa unione deve farsi a più riprese e non vi si dee metter acqua che una sola volta.

Prima d' applicare il cemento su di una volta è necessario che la muratura sia compiuta a perfezione, e che per lo meno abbia avuto cinque o sei mesi di tempo per seccare ed assettarsi; si raschiano e solcano le giunture con un raschiello di ferro, dopo che, se ne puliscono diligentemente le superficie che si bagnano e vi si stende poi uniformemente il

(1) Porta falsa. Quella destinata alle sortite e all' introduzione di genti o munizioni nella fortezza. Viene chiamata *porta dei soccorsi*, *porta delle sortite*, *porticciola*, e *postierla*. Si fa quest'apertura nel mezzo delle cortine, od anche all'angolo di esse, o vicino agli orecchioni per cui si va all'opere esterne.

(2) A prova di bomba. Coperti fatti a volta, rassicurati con blinde al disotto, e terrapienati al disopra, che resistono alle bombe. Così tutti i magazzini degli oggetti di guerra. Dicesi a *botta di moschetto* o *di pistola*, ogni lavoro tumultuario di legname che ripari il soldato dalla moschetteria.

cemento di fresco mescolato per una grossezza di un pollice e mezzo. Lo si batte in lungo e in largo con spatole larghe soltanto due pollici, per meglio far entrare nelle commessure il cemento; poi con un ferro ben liscio e leggiermente ripiegantesi in alto alle estremità, si rende unito il primo strato sino a tanto che cominci a incorporarsi. Si sfrega tutti i giorni la sua superficie per qualche tempo con uno strofinaccio di tela grosso come una testa collocato alla estremità di un bastone, ed immerso in un tino di cemento allungato. Dopo vi si fa subito passare il lisciatoio, e si coprono tutti gli strati con stuoie sino al giorno dopo, perchè il caldo non li faccia screpolare. Si replica poi quest' operazione cioè si sfrega, si liscia e si copre fintanto che vedasi non esservi più screpolature nella superficie. Ciò fatto si seguita ancora a raschiare per cinque o sei giorni senza lisciare o coprire di stuoie.

Nell' applicare i coperchi di cemento si avrà cura principalmente di renderli ben uniti, e di terminare la sommità delle volte a schiena di mulo, con dei pendii alla foggia dei tetti. Costruendo la volta si farà in modo che ella sia bene in centro adoperando sceltissima malta, e che le pietre poste in opera sieno ben accoppiate. Se invece della pietra, si adoperasse il mattone, si sceglierà il più ben cotto, di cui si faranno quattro o cinque volte l' una all' altra sovrapposte, e tra loro ben impostate, e innestate di cunei sotto le chiavi separatamente, e allorquando vi si applicheranno gli strati di cemento si farà in modo che coprano tutte le parti della muratura sicchè non vi si travveda alcuna pietra. Si sovrappone poi al coperchio di cemento un letto di grossa sabbia o ghiaia di quattro o cinque pollici di grossezza che stendesi dappertutto uniformemente. Su questo se ne mette un altro di terra, d' un piede e mezzo ben battuto, e si continua nello stesso modo di letto in letto, sino all' esatto e compiuto terrazzo. Così si è praticato per coprir le volte delle torri bastionate di Neuf-Brissac come vedremo nel Libro Sesto.

Un tempo, quando costruivansi volte in mattone, si formavano come ho detto, di parecchie volte l'una su l'altra, avente ciascuna un mattone di grossezza senza fare alcun legamento tra loro. Ma apparve poscia come condannabile fosse questa pratica, e che meglio tornava farle con legature alternative, dall' intradosso sino all' estradosso, senza alcuna interruzione perchè più resistenti in tal modo riuscivano agli urti delle bombe. L' inconveniente delle volte sovrapposte consiste in questo che se si screpola la prima, appena si distaccano due o tre mattoni, subito dopo si staccano anche gli altri e con ciò difficilmente assai si può ripararle perchè non vi sono addentellati (1) per legare la nuova alla vecchia muratura. Non di rado si è veduta la prima volta a sgretolarsi e staccarsi interamente dalla seconda, poco tempo dopo la costruzione dell' opera.

Al proposito dei sotterranei, io riferirò qui quanto è stato praticato nella costruzione della famosa serra di Versailles, perchè in un caso simile, si possa volendo seguire ciò che in allora è stato fatto, per riparare questo edificio dall' intemperie.

Appena formata la volta, si pulì accuratamente la parte superior delle reni, al basso delle quali si cominciò un letto di pietra o di pietrame a

(1) Addentellato. Apertura, che si fa negli approcci, per potervi collegare un nuovo lavoro.

secco di diciotto pollici di altezza, con polvere di calce tra le commessure: vi si sovrappose quindi un altro letto di polvere di calce di quattro pollici di grossezza, e sopra quello un terzo di ghiaia e di sassi ben lavati, di dodici pollici di grossezza, sul quale si mise di nuovo un quarto letto di polvere di calce, sempre di quattro pollici, con suvvi un quinto di ghiaia e così sino al livello della sommità della volta, su la quale si pose un ultimo letto di ghiaia di dodici pollici coperto d'uno strato di malta, che occupa tutto lo spazio superiore, sino al di là dei piedritti. Una tal costruzione fu di tanto giovamento, che quantunque la parte superiore di questa serra non fosse che un terrazzo, non ne è derivato alcun inconveniente alla volta.

Vi ha anche un'altra pratica che poco differisce dalla precedente: e consiste in ciò che dopo aver posto su la volta un letto di pietra secca, le cui commessure sono empiute di polvere di calce, ed avervene sparso al di sopra per circa quattro pollici di grossezza, si mette un letto di argilla di 12 pollici, ben battuto, che si copre d'un altro letto di ghiaia, pure di dodici pollici, frammisto di polvere di calce, sul quale se ne mette un ultimo di malta, di tre a quattro pollici di grossezza per ricever le terre.

Perchè le volte dei sotterranei sieno a prova di bomba, devono avere almeno tre pollici di grossezza, coperti da cinque o sei piedi di terra; quanto alla figura che devono avere, quella a tutto sesto è la migliore per le ragioni addotte al Secondo Libro.

I sotterranei si fanno ordinariamente sotto il terrapieno de'bastioni, perchè là si può asseguar loro maggior estensione che sotto la cortina (1), la quale non è tanto larga; ma in qualunque luogo si vogliano costruire, bisognerà fare in modo da trarne tutte le maggiori possibili comodità, perchè servir possano a parecchi usi, come per esempio forni, cisterne, cammini ec. ec.

La figura 102 della Tavola X indica l'icnografia dei sotterranei praticati sotto un cavaliere che occupano il terrapieno di un bastione.

N. 1. Ingressi dei sotterranei	5. Cisterne
2. 3. } Sotterranei	6. Forni
4. Cammini	7. Terrapieno del bastione.

La figura 101, Sciografia sulla linea D C dei sotterranei mostra la disposizione dei coperchi di cemento sulle volte, e come i tubi dei cammini passino nel parapetto del cavaliere per non porre impedimento al maneggio del cannone.

(1) Cortina. Quel lato del recinto, che rimane fra un bastione e l'altro. Cortina *a forbice* o a *tanaglia* è quella composta di due lati che formano un angolo rientrante. Cortina ad angolo *sagliente*, quando l'angolo è formato verso la campagna. Quindi ci sono le cortine con i *fianchi*, le cortine *a denti*, le cortine *a risalti*, le cortine *concave*, la cui convessità è verso l'interno della fortezza; e le cortine convesse, la cui convessità è alla campagna. Quando le parti estreme della cortina rientrano indietro si chiamano *rivolti* della cortina. Si chiama *cortina*, *occulta*, *morta* o di costruzione quella, che si segna per la costruzione della pianta al di dentro o al di fuori della quale si colloca la cortina reale.

Nella figura 100, Sciografia su la linea A B dei sotterranei, si vedranno praticate tre porte da cadauna parte per accedere ai sotterranei vicini.

Quando i coperchi di cemento sono applicati su volte al di sopra delle quali si trovano delle piattaforme, bisogna invece di terminarli all'estremità dei pendii, ripiegarli contro la muraglia, perchè l'acqua piovana non possa introdursi su la volta; per darle uno scolo si praticherà un canaletto che girando attorno alla piattaforma, la condurrà in acquedotti e di lì nel fosso.

Per guarentire i piedritti delle volte dei sotterranei dalle acque che filtrano nelle terre, bisogna addossar loro un piccolo muro di pietre secche, di due piedi di grossezza. — Questi muri devono essere innalzati sino a due piedi al di sotto dei pendii della volta per riempire questo intervallo di buona murstura a calce ed a sabbia, ben coperto dal prolungamento degli strati di cemento che dominando su tutta la grossezza di questi piccoli muri, metterà i piedritti al sicuro della traspirazione e della umidità. Per maggior diligenza bisogna posare queste pietre due piedi al di sotto dell' area de' sotterranei, affine di praticare dei condotti nel mezzo del fondamento per lo scolo delle acque.

Restami a parlare delle porte false su le quali non v'è molto a dire, essendo la lor costruzione eguale a quella degli altri sotterranei: si pongono nel mezzo delle cortine, qualche volta vicino agli orecchioni, per comunicare nella tanaglia (1) o nel fosso quando è a secco: ma più ordinariamente nel mezzo delle cortine per andar dritto alla mezza luna. Le figure 97, 98 e 99 della Tavola X rappresentano la pianta e gli alzati d'una porta falsa. A indica il muro di pietre secche, B l'acquidotto per lo scolo delle acque, C l'uscita nel fosso. E qui noterò che in tempo della loro costruzione sarà ben fatto praticare sotto il livello del loro suolo un piccolo acquedotto per servir di scolo alle acque delle strade e condurle nel fosso.

Ho pensato più volte, a proposito delle false porte, che si potrebbe a dritta ed a sinistra del passaggio, praticare due piccoli magazzini sotto la cortina, che sarebbero di gran vantaggio in tempo d'assedio, per servire di ripostiglio alle munizioni che si vorrebbero avere a portata delle opere staccate ed a diversi altri usi dei quali chi si è trovato in piazze assediate comprenderà l'importanza. La figura 103 spiega abbastanza chiaramente il mio disegno.

9 Porta falsa   10 e 11 Piccoli Magazzini

La porta falsa si suppone in monta, senza gradino alcuno.

(1) Tanaglia. Opera bassa costruita dentro il fosso, avanti la cortina, composta di due sole facce, che rimangono sulle linee di difesa. La tanaglia doppia ha, oltre alle due facce, due fianchi ed una cortina, e viene anche chiamata tanaglia a fianchi. Se questa opera si divide prende il nome di tanaglia spezzata.

CAPITOLO DUODECIMO

Dei lavori di terra.

Di mano in mano che s' innalza il rivestimento d'un' Opera, si fa il riporto delle terre per formare il bastione. Si comincia dall' uguagliare il fondo del terreno che corrisponde all' ultima risega dal lato della piazza, dandogli un pendio di circa tre pollici per tesa dall' innanzi all'indietro, per isgravare il rivestimento (supponendo noi che questo spazio sia bene sgombrato e non occupato dalle terre che si sono ritirate dalla fossa per formare i bastioni, il che ne ha fatto dire nel Capitolo VIII che bisognava portarle al di là di otto o dieci tese della linea interna della muraglia, per non essere costretti a rimandarle più lontano, e situarle in modo che i lavoranti le abbiano alla mano per fare i riporti). Si posa un letto di fascine, la parte più grossa delle quali riesca verso la muraglia, con fusti distanti un quattro o cinque pollici gli uni dagli altri: le fascine devono avere almeno dodici piedi di lunghezza e tre o quattro pollici di circonferenza dalla parte più grossa; si ricoprono d'uno strato di terra di circa otto pollici d' altezza, che battesi finchè siasi ridotta a sei pollici. Si torna a fare un secondo e terzo letto di terra sempre di otto pollici d'altezza, ben battuti e ridotti a sei pollici cadauno. Se si trovano pietre che impediscano si possa battere da per tutto uniformemente, si levano per metterle da parte; quindi su questo terzo corso si stende una seconda fascinata disposta come la prima, su la quale si pongono tre altri corsi di terra di otto pollici, ciascun ridotto a sei, che si torna a coprire d'un letto di fascinate, e così via via alternativamente tre corsi di terra ed un letto di fascinate sino all' altezza del terrapieno del bastione, al quale si dà un pendio d' un piede e mezzo dalla banchina (1) sino alla scarpa interna, facendone la superficie d'una terra ben pulita dalle pietre e battute in modo che riesca tanto compatta che le acque piovane possano scolare liberamente. Dopo di che si innalza il parapetto che si costruisce nello stesso modo, ma con maggior precauzione.

In tal maniera si eseguiscono i lavori di terra frammettendovi dei letti di fascine che io però adopererei solo nelle ultime estremità quando si hanno terreni sabbiosi o fangosi. Se ne dovrebbe anche solamente far uso in quelle opere che sono rivestite di piote giacchè per quelle che sostenute sono da un buon muro, credo che con un po' di precauzione se ne

(1) Banchina. Gradino che ordinariamente si fa di terra al piede del parapetto, che forma un sentiere lungo la di lui parte interna, sopra cui montano i soldati per scoprire le montagne e tirare contro il nemico. La banchina generalmente è alta un piede e mezzo, e larga tre piedi circa, e può anche avere due o tre gradini per salirvi sopra. Quando il parapetto è molto alto si fa una doppia banchina.

potrebbe far senza. Il loro difetto consiste in ciò che essendo posate di fresco impediscono colla loro specie d'elaterio che si possano batter le terre tanto solidamente quanto farebbesi se non vi fosse questo elaterio, e che sfiorendosi dopo un certo lasso di tempo lasciano molti vuoti; per la qual cosa accade che le terre si assettin di nuovo, e riducansi ad un'altezza molto minore di quella determinata dai profili.

Per far senza le fascine nella costruzione delle opere rivestite, vorrei che i riporti si facessero contemporaneamente alla muratura. Trattandosi d'un'opera poligona, dopo avere innalzata la muratura d'una faccia di bastione, ad una certa altezza, poniam di due piedi, i muratori la abbandoneranno per andare a fare un'egual alzata all'altra faccia o al fianco vicino, e i lavoratori adopereranno la vacante per fare i riporti all'altezza ove trovasi la murazione, notando bene di batter le terre letto per letto, di otto in otto pollici, sempre ridotti a sei; poi i muratori ritorneranno alla parte che aveano abbandonata, per fare una seconda alzata di due piedi, mentre gli altri occuperanno quella abbandonata dai muratori, alternativamente succedendosi. Da ciò nasceranno due vantaggi, il primo che i muratori avranno sempre uno spazio comodo per lavorare a loro beneplacito; il secondo che i materiali gettati su le terre nuovamente battute, e che si devono impiegare alla nuova alzata, e le continue pressioni di piedi di coloro che saranno adoperati alla muratura, comprimeranno sempre più le terre, il che farà prendere loro tutto quell'assettamento che non avrebbero acquistato se non molto tempo dopo compiuto il lavoro.

Richiedono non minore diligenza nella costruzione dei lavori di terra i rivestimenti di piote o anche di terra nera non commista di pietre nè troppo grassa nè magra troppo, perchè nè si fenda nè si gonfj dopo essere stata adoperata.

Si comincia dallo scavare una piccola fossa al piede del parapetto per servire come di fondamento al resto dell'opera, la si riempie di detta terra nera e si ha cura di innaffiarla ed unirla con quella che compone il parapetto. Dopo averla ben battuta vi si stende sopra un letto di gramigna colta di fresco; quindi si applica il primo letto di terra nera, cui si dà dodici pollici di grossezza sopra sei di altezza che ben si batte in lungo ed in largo, sinchè ridotta siasi a non averne più di quattro. Si ricopre questo letto d'un altro di gramigna, misto con piccole fascine. Su questo letto se ne applica un altro battuto e ben legato colle terre del parapetto, che si batte e munisce di letti di grandi fascine, la cui estremità più grossa è lontana di circa quattro pollici dalla terra nera, alla quale si fa succedere la scarpa che deve avere il parapetto tagliato che siasi il paramento; e siccome la sua altezza al disopra della banchina è sempre di quattro piedi e mezzo, la sua scarpa è di diciotto pollici, sesta parte dell'altezza. Quanto alla scarpa esterna, le si assegnano due terzi dell'altezza, cioè quando un'opera è rivestita di piote, se ha all'esterno 18 piedi di altezza le se ne assegnano dodici di scarpa.

I rivestimenti di piote si fanno presso a poco come il precedente, perchè si comincia dal porre un primo filare di piote al di sotto del livello dell'ultima banchina per servir di base alle altre che devonsi innalzare superiormente, tutte le piote che si adoperano devono avere 15

a 16 pollici di coda sopra sei di larghezza ed altrettanto d' altezza. Quest' altezza di sei pollici è ridotta da che le piote sono state poste in opera. Su questo primo filare se ne pone un secondo, e su quello un terzo ben disposto a commessure coperte e condotte a livello su tutta la lunghezza dell'opera. Questi filari sono collegati con fusti di salice e talvolta con gramigne, e di tre in tre filari si stende un letto di fascinate che si copre di terra ben battuta per formare il parapetto e di mano in mano che l' opera avanza si rastrema il paramento perchè sia ben unito e produca lo stesso effetto che se fosse di muratura. Tutti gli angoli salienti d' un parapetto interno o esterno si fanno arrotondati, perchè altrimenti sarebbe tosto smuzzato.

Le piote per esser buone devono essere tagliate in un prato ricco d' erbe e radici, e un po' umido. I prati torbosi o sabbionosi non servono a tal fine. Tutte le stagioni non sono adattate per la piotatura; ma le più opportune sono l' autunno e la primavera.

Occorrono circa dugento cinquanta piote, e dodici fascine per una tesa quadrata di piotatura. Pare che duecento sedici piote potrebber bastare, ma se ne contano quaranta di più per supplire a quelle di scarto. Una buona piota pesa ordinariamente quindici libre.

Un buon tagliatore di piote può tagliarne sino a cento cinquanta in un giorno di state, e la metà soltanto in un giorno d'inverno. Chi le dispone, può posarle ed eguagliarne dieci tese quadrate in un giorno, e anche di più se è ben provveduto di terra e di fascine.

Quanto ai fossi che circondano le opere, la loro scavazione non deve approfondirsi al di là del livello dell' ultima risega dei fondamenti. Ma, quando sono a secco, si ha cura di dare ad essi un po' di scarpa dal piede del bastione sino al mezzo, e dal piede della controscarpa nello stesso mezzo per agevolare lo scolo delle acque piovane.

Quando la controscarpa non è rivestita, si dà alle spalle del fosso una scarpa eguale alla sua profondità: di mano in mano che si approfondisce, si fanno primamente banchine invece di scarpe per agevolare l'andata e il ritorno dei lavoratori, e quando lo scavo è fatto, queste banchine sono tagliate per formare la scarpa di cui ho parlato. Si dà pure un'egual scarpa ai piedi dei lavori di terrazzo ne' quali è praticato un viottolo.

Non parlo nè della larghezza nè dell' altezza che si dà al terrapieno dei bastioni, perchè devono essere determinate dai profili. Dirò per altro che le scarpe interne di tutti i bastioni hanno una volta e mezza la loro altezza, cioè ad un bastione che abbia dodici piedi di altezza se ne assegneranno 18 di scarpa.

Non devo qui ommetter di dire che quando si fanno le facce dei bastioni, delle mezze lune, delle contragguardie (1) ec., si dà loro più elevazione

(1) CONTRAGGUARDIA. Un'opera ordinariamente formata di due facce, e posta dinanzi ai bastioni, ai rivellini, alle mezze lune, e che ha la scarpa esterna di muro, ripida come il recinto. V'è la contragguardia semplice, e quella con i fianchi. I due lati della contragguardia semplice, verso la campagna si chiamano facce; gli altri due verso l'opera, che copre, si chiamano scarpa interna. Si danno le medesime denominazioni ai lati della seconda contragguardia, denominandosi fianchi i lati traversi. RIVELLINO poi è un'opera staccata, composta oltre la scarpa interna, di due facce, e qualche volta di due facce e due fianchi, la quale si pone innanzi la cortina, e la cui scarpa interna è formata di due linee, che fanno un angolo sagliente verso la cortina, o d'una linea retta soltanto.

agli angoli saglienti che alle estremità. Vuo' dire insomma che queste facce hanno un piccol pendio dall'angolo sagliente alle estremità, determinato a norma della lunghezza che devono avere. Questo contribuisce a dar maggior grazia ad un'opera ed a coprirla contro i *colpi d'infilata*. Ma quando non si ha di mira che questo oggetto, v'ha chi crede meglio far dei cavalieri agli angoli salienti. Aggiungerò altresì che si dà ai bastioni ed ai parapetti delle opere una maggiore elevazione di quella determinata dai profili per prevenire le riduzioni che nascono dagli assettamenti.

Quando si fanno dei mezzi rivestimenti alle opere, vi si lascia talvolta uno spazio di dieci piedi di larghezza per una siepe viva formata di biancospini.

Si pianta questa su due linee, di cui la prima è distante cinque piedi dal parapetto, e la seconda dodici piedi dalla prima. La si lavora di tanto in tanto, e in capo a tre anni, la si taglia rasente terra. Tre anni dopo essendo la siepe cresciuta ad una certa altezza s' intrecciano i suoi fusti gli uni negli altri in modo che facciano un tessuto di quattro a cinque piedi, operazione che si rinnoverà tutti gli anni sino a tanto che sia giunta ad un'altezza di sei piedi. La si taglia da una parte e dall'altra perchè divenga più folta e la si lascia crescere sino alla metà della grossezza del rivestimento alla sommità, perchè non resti altro che lo spazio necessario al passaggio di chi deve coltivarla.

Si piantano ordinariamente degli alberi sul parapetto della piazza tre o quattro anni dopo che è stato innalzato, perchè le terre abbiano avuto tempo d' assettarsi. Se ne mettono tre filari, il primo si fa al piede della banchina, il secondo a tre o quattro pollici dal margine interno del terrapieno, e il terzo al piede della scarpa del bastione. Si scelgono olmi di bel fusto, ricchi di radici, che non devono essere nè guastati nè offesi. Quanto alla loro grossezza basta che abbiano sei a sette pollici di circonferenza, e ralligneranno molto meglio che se fossero più forti. Si piantano a 15 piedi di distanza gli uni degli altri in fosse di tre piedi cubici; le quali fosse sorà bene scavarle tre o quattro mesi prima di piantare gli alberi, onde si possa ingrassare il terreno. Vi sono altre piccole cure da prendersi per farli ben vegetare, ma inutili a qui riferirsi perchè conosciutissime dai giardinieri.

Non ho ancora parlato della strada coperta (1), essendo tutte le particolarità della sua costruzione racchiuse in quanto è stato notato al proposito del modo di costruire i lavori di terra. Dirò, nondimeno che le si assegnano ordinariamente sei tese di larghezza, e che è formata da un parapetto alto quattro piedi e mezzo, innalzato su due o tre banchine, in ragione del bisogno di coprirsi contro la campagna. Talvolta si sostiene questo parapetto con un piccolo rivestimento di muratura, che si costruisce solamente dopo che le terre si sono bene assettate. La si stabilisce sopra una fondazione di tre o quattro corsi di mattone di altezza su di una

(1) Strada coperta. Quello spazio di una larghezza sufficiente, o per esercitare le difese del solo moschetto, o anche quelle dell' artiglieria minuta, il quale gira intorno al fosso, e rimane coperto dalla parte delle campagna da un parapetto, che s' unisce allo spalto. La strada coperta si divide in tanti lati, i quali si chiamano *rami*. Si costruiscono talvolta all' intorno delle fortezze due strade coperte: in questo caso quella, che rimane verso la campagna, si dice *antistrada*, o *contra strada coperta*.

larghezza di due mattoni e mezzo, e le si danno due mattoni su la base, ed un mattone e mezzo alla sommità su tre piedi d'altezza. Il resto del parapetto, che è d' un piede e mezzo, si riveste di piote.

Gli angoli saglienti delle piazze d'armi in campagna aperta devono esser fatti alti un piede di più delle estremità della lor faccia per coprirsi contro i tiri. Nel mezzo di ciascuna faccia si pratica una sortita tagliata a livello del terrapieno, cui si assegnano nove a dieci piedi di larghezza sopra quindici di lunghezza, presa dalla sommità del parapetto e per la comodità del passaggio, le si dà una svolta circolare verso l' angolo rientrante. Ai due lati di ciascuna sortita si pianta una trave aguzza e contraffissata su di una soglia per portare due steccati formati come palizzate, aventi la stessa altezza ed esistenti su la stessa linea.

Le piazze d'armi rientranti e saglienti si formano ordinariamente di traverse di terra (1), alle quali si danno dodici piedi di grossezza alla sommità. Il loro parapetto è alto quanto la strada coperta, collo stesso numero di banchine. Quando la controscarpa è rivestita di muratura lo sono anche i profili delle traverse, il che li rende capaci di un fuoco più vivo, non essendovi necessità di dar loro una scarpa tanto grande quanto da quella parte.

A un mezzo piede di distanza del parapetto, tanto dalla strada coperta quanto dalle traverse, si colloca su la banchina una fila di pali di legno di quercia, in fusto o tagliati, di 8 piedi e mezzo di lunghezza sopra 18 a 20 pollici di circonferenza, misurati alla metà. Sono appuntati di 12 a 13 pollici di lunghezza, colla punta dritta sul mezzo un po' smussa per evitare la putrefazione. Si pongono a due pollici di distanza l'uno dall'altro, misurati sul listello, al quale sono attaccati con due caviglie di legno ben secche, cacciate a forza per la estremità più grossa e forate dalla più piccola per essere contro incavigliate. Il listello si fa pure di legno di quercia d' un pezzo di quattro pollici sopra cinque di quadratura, ed è tagliato diagonalmente ad un pollice vicino agli angoli opposti, per cui si hanno due corsi di listelli. Vauban facea sormontare la punta dei pali di 9 pollici al dissopra della cresta del parapetto; ma l'uso ha fatto conoscere che sei pollici bastano ed espongono meno i pali agli urti del cannone. Si deve inclinarli di sei pollici dalla parte del parapetto, perchè meglio resistano alla spinta delle terre e perchè il soldato sia situato in modo da poter comodamente far fuoco.

D'ordinario entrano otto o nove pali nella tesa corrente, ciascuno dei quali pesa settanta libbre circa. Un carro ne può trasportar cento ed un operaio può piantarne e incavigliarne tre tese correnti per giorno.

Quando un bastione è soltanto rivestito di piote, si cinge di pali posti orizzontalmente aventi tre piedi di sporto sopra tre pollici di pendio: son posati e incavigliati su di un listello. Alcuni aggiungono un secondo listello su l' estremità interrata perchè possa più difficilmente strapparsi; ma mi par cosa inutilissima. Questi pali hanno tra loro uno spazio di 4 a 5 pollici e ne occorrono sei o sette per tesa corrente.

(1) Traversa. Una massa di terra, o di muraglia di forma quadrilunga, che si colloca in diverse parti della fortezza, e principalmente nella strada coperta per liberarla dai colpi d' infilata.

Siccome le opere rivestite di piote hanno per solito un viottolo, si pianta su la riva del fosso un'altra fila di pali, che presentano la punta dalla parte della campagna. Si dà ad essi una incliuazione di 45° coll'orizzonte e il loro sporto è di circa quattro piedi e 10 pollici.

Credo util cosa il qui riferire aleuni regolamenti del Maresciallo di Vauban al proposito dei lavori, che saranno opportunissimi per dare ai giovani ingegneri un'idea generale del modo, con cui si devono eseguire le misure delle opere, e qual metodo debba tenersi perchè il tutto proceda con ordine ed esattezza.

Regolamento del Maresciallo di Vauban per la condotta dei lavori.

L'Ingegnere in capo cui saranno affidati i lavori d'una piazza farà tutti gli anni un registro ove ciascnn articolo dello stato delle opere comandate avrà un libro a parte sul quale si segneranno all'ingrosso e circostanziatamente i pagamenti dal principio dell'esecuzione sino alla fine, in conformità ai contratti stipulati, ed ai calcoli ed alle misure eseguite di tempo in tempo d'accordo cogli intraprenditori; mediante i quali sarà facile ad essi, in qualunque tempo, mostrare lo stato dei lavori da cui si potranno trarre necessarie cognizioni pel tempo della loro durata, e il modo di poter compirli.

Gli intraprenditori non ne incominceranno alcuno senza che ne siano date la figura e l'estensione esatte, segnate tutte le altezze e le profondità, e fatta una misura generale, del contenuto del quale si darà loro una copia ch'essi firmeranno. Compiute poi che saranno, si misureran di bel nnovo, e se la quantità trovata alla fine differisce da quella trovata al principio, se ne prenderà sempre il minor nnmero per conto del re; il che deve intendersi soltanto pel trasporto delle terre, perchè per la mnratura potrebbero avvenir mutazioni nei fondamenti che riescirebber tanto lontane dalla misura estimativa, da non potersene tener conto senza cadere volontariamente in nn errore considerabile.

Tutte le opere di terra saranno misurate dallo scavo dai fossi da cui si sono tolte, a meno che non fosse espressamente specificato nel contratto di fare altrimenti.

Tutti i *testimonj* di terra si faranno in profili e non in piramide, a cagione dell'abuso e delle gherminelle che vi si commettono, e sempre d'accordo coll'ingegnere e coll'intraprenditore.

L'Ingegnere non farà a buon conto pagare nessuno per le opere che non sia certo con una buona misurazione di poter fare o no, senza danno del re.

Quanto alle opere di muratnra si terranno delle Memorie esatte reciprocamente segnate dall'Ingegnere e dall'Intraprenditore, ed anche dai capi conduttori dei lavori ove tutte le grossezze, lunghezze ed altezze di ciascuna parte saranno chiaramente spiegate, indicando bene il luogo di ciascuna, per evitare ogni sorta di ineonvenienti nelle misure generali.

Per la carpenteria, si terranno pure delle Note per tutti i legni che sono stati adoperati, e per quelli che non lo sono ancora, ben indicando il nome di ciascuna specie, ed anche disegnando nel margine il meglio possibile la parte di cui trattasi per evitare qualunque oscurità.

Nello stesso modo si procederà per la muratura, tante volte quante si crederà averne bisogno, per un maggiore schiarimento.

Tutti i lavori di ferro saran pesati alla libbra di sei once alla presenza dell' Ingegnere, terminati che saranno e posti in opera.

Quelli in muratura, alla tesa cubica se trattasi d'un muro grosso, o alla tesa quadrata se di un muro semplice, come per caserme, magazzini, corpi di guardia.

La misurazione delle terre si farà colla tesa cubica di Francia, e quella della piotatura colla tesa quadrata.

Alla fine di ciascun anno, al tempo in cui i lavori finiscono, l' ingegnere noterà sul suo registro tutte le spese chs saranno state fatti, e riporterà sul suo progetto dell' anno corrente lo stato in cui si troveranno le opere della piazza, e quanto avranno costato, ciascuns in margine dicontro al suo articolo; calcolando dopo i crediti o i debiti che vi si troveranno per tener conto dei primi come di fondi già ricevuti, dei secondi come primi fondi da domandarsi sul progetto del prossimo anno; dopo di che vi si noteranno tutte le opere prescritte, colla stima di ciascuna in particolare, la più esatta che sarà possibile, perchè aceglier si possano quelle che si crederanno le più necessarie: bisognerà riportare dopo ciò i prezzi dei materiali provisti, che terrau luogo dei fondi ed alla fine il nome di tutti gli uomini impiegati alla fortificazione, e le giornaliere mercedi di ciascuno, e purchè quest' ordine sia esattamente osservato, non si cadrà in alcun errore e si sapranno tutte le spese fatte e da farsi.

Quando si prenderanno misure, o generali o particolari, bisognerà specificar bene il sito, la posizione, la qualità delle opere, il nome del pezzo e dell'intraprenditore ed anche apporvi sul piano una cifra, perchè si trovi presto quando si tratterà di verificazioni.

In secondo luogo dare le lunghezze, le larghezze e le profondità, in tese, piedi e pollici, nell' ordine qui appresso segnato col prodotto.

In terzo luogo distinguerne le porzioni, quando se ne troveranno parecchie in uno stesso pezzo, in prima, seconda e terza, ecc.

Finalmente, farne la supputazione per tese, piedi e pollici, perchè così si riesce più chiari e non accadono imbrogli nelle frazioni, come con altri metodi.

Se a cagion d'esempio si trattasse di misurare lo scavo d' un fosso dicontro alla faccia del bastione, e che questa misura fosse divisa in più parti, ecco, come si procederà.

Misure in tese dello sterro fatto davanti la faccia dritta del bastione N per l' approfondimento del fosso e l' innalzamento del suo bastione, intrapreso da .... e Compagni, in ragione di 50 soldi per tesa cubica; contratto stipulato il .... del mese di ..... l' anno ..... e compiuto il ..... del ..... dell' anno .....

PRIMA PARTE

Dalla punta del bastione sin verso la spalla.

	tese	piedi	pollici	tese	piedi	pollici
Lunghezza	32	3	6			
Larghezza adeguata . . .	12	4	8	1249	—	—
Profondità	3	—	—			

SECONDA PARTE

	tese	piedi	pollici	tese	piedi	pollici
Lunghezza	8	3	—			
Larghezza	12	4	8	325	5	—
Profondità	3	—	—			

TERZA PARTE

Dalla spalla dello stesso lato attigua alla precedente.

	tese	piedi	pollici	tese	piedi	pollici
Lunghezza	12	—	—			
Larghezza	12	4	8	460	—	—
Profondità	3	—	—			
			Totale	2034	5	—

Che in ragione di 50 soldi la tesa cubica dà la somma di lire 5087. 1. 8.

Per misurare poi la muratura, se assumesi per unità la tesa cubica, si terrà il medesimo ordine, spiegando sempre le tre dimensioni, e se la tesa quadrata, non se ne specificheranno che due, lunghezza e larghezza, come si fa per la piotatura ecc.

Inoltre bisognerà che le misure in tese siano nette, cioè non si devono aumentare per comprendervi la spesa d' altre opere che non fossero ancora state stabilite, per piccole che si vogliano; nè bisogna fare alcuna diversione dei fondi che saranno stati ordinati per la spesa delle opere onde impiegarle in altre, come sarebbero le riparazioni degli edificj, corpi di guardia, magazzini ecc.

Nascendo il bisogno di riparazioni, bisogna comprenderle nel progetto e mostrarne la necessità al ministro, atteso che ogni aumento di spesa è assai sospetto e di cattivo esempio, quantunque il motivo di essa fosse giustissimo; perchè dee supporsi che le opere state ordinate dal ministro sieno

le più pressanti e quindi non debbansi impiegare ad altre. Si tenga poi per massima indubitabile che tutte quelle delle fortificazioni che contribuiscono di più a mettere una piazza in sicurezza, sono sempre preferibili alle altre di qualunque natura esser si possano.

Che se nel periodo di un anno accade qualche inconveniente che non si era preveduto, cosa non tanto rara: bisogna farne una stima particolare e darne avviso al ministro, a cui se ne farà conoscere il danno perchè ordini nuovi fondi a tal uopo.

Quanto alle stime, supposto che si tratti di far quella d'una mezza luna che si vuol coprir di piote e di tavola o sul viottolo (*berme*) o nel fosso, ecco come si procederà dopo averne indicato il luogo e la situazione.

Stima d' una mezzaluna situata tra i bastioni N ed O ecc.

	tese	piedi	tese	piedi
Circuito della fossa	10	4		
Larghezza ragguagliata del fosso	120	—	3200	—
Profondità	2	3		

Stimati in ragione di 45 soldi la tesa cubica, formano la somma di L. 7200 — —

Piotatura a coda per l'esterno della mezzaluna.

	tese	piedi	tese	piedi
Langhezza	118	—	354	—
Altezza.	3	—		

Piotatura interna del parapetto e della banchina.

	tese	piedi	tese	piedi
Lunghezza	100	—	116	4
Altezza ragguagliata	1	1		
Totale			470	4

Queste 470 tese quadrate, stimate in ragione di 40 soldi la tesa fanno. 940 — —

Piotatura sul parapetto e su la banchina.

	tese	piedi	tese	piedi
Lunghezza	100	—	433	2
Larghezza ragguagliata	4	2		

Queste 433 tese, stimate in ragione di 8 soldi la tesa quadrata fanno la somma di	173	6	8
Per 958 tese quadrate di fascine di 10 piedi di lunghezza, in ragione di 10 soldi per ciascuna tesa quadrata	479	—	—
Per 205 tese di circuito in ragione di 6 lire per tesa corrente, comprese le palizzate e palificate	1230	—	—
Totale	10022	6	8

Quando vi siano altre parti, bisognerà tutte specificarle, come i ponti di comunicazione, l' asciugamento delle acque, il rivestimento dei profili, i corpi di guardia e le vedette; così deve praticarsi nelle stime generali, di cui si formerà un Sunto, un articolo del quale comprenderà la spesa d' una intera parte in questa maniera.

Per la costruzione d' una mezza luna, comandata tra i bastioni N ed O, totale della somma pagata L. 10022 6 8.

Nè sarà necessario lo estendersi di più, perchè ciò si sarà già fatto nella stima generale a cui bisognerà ricorrere per maggiore schiarimento, e da questo estratto e sunto bisognerà dedurre tutti gli anni i progetti di spesa. Ecco presso a poco qual ne sarà la Modula.

Sunto delle spese che restano a farsi per condurre a compimento le fortificazioni della città.

Per la costruzione d' una mezzaluna di terra, comandata tra i bastioni di Francia e di Borgogna, tutto compreso	12000 lire
Per quella del ridotto del corpo di guardia della stessa mezzaluna . . .	2500
Per lo sgombramento dei fossi della piazza.	6000
Per la formazione di una chiusa al basso d' una strada coperta	8400
Per sei mila palizzate	3000
Appianamento dei monticelli, e colmamento dei fossi	4500
Riparazione della strada coperte	4200
Costruzione e fornitura di sei piatteforme su le batterie a barbette (1) del bastione G	1200
Più all'appaltatore su le opere dell' anno passato si doveano	1500
Spese imprevedute sopravvenute nel corso del lavoro	2400
Totale . . .	45700

In tal modo si formeranno i Sunti, i quali non differiscono dagli stati delle spese annuali che di nome soltanto, in questo Sunto il ministro sceglierà gli articoli pei quali si vogliono fare i fondi e in seguito di

(1) Batteria. Ogni opera ove si pongono più pezzi d' artiglieria per impiegarli con vantaggio. Quest' opera è comunemente circondata da un fosso, e palizzate nel fondo, come pure da un parapetto sulla cima, che ha tanti fori, quanti sono i pezzi d' artiglieria, e due fortini sulle ale, o sia certe piazze d' armi, capaci di coprire le truppe che sono destinate alla sua difesa. Si fanno le batterie con cannoniere, come le precedenti, ed a barbetta: quelle delle opere di campagna sono a barbetta, perchè più facilmente si tira su tutti i raggi del semicircolo: si fanno colle cannoniere quelle della piazza, affinchè i cannonieri siano al coperto. Si chiama *batteria di costa* quella, che situata sulla costa, partecipa dell' uno, e dell' altro genere: *batteria coperta*, quella che è collocata al piano orizzontale della campagna: *batteria bassa*, e talvolta *interrata*, quella, che si colloca al di sotto di questo piano: *batteria elevata*, o a *cavaliere* quella, che s'innalza al di sopra dell' orizzonte della campagna: *batteria galleggiante* quella stabilita sopra barche piatte. Si dicono *batteria in croce* due batterie distanti considerabilmente l' una dall' altra, le quali lavorano a traverso l' una dell' altra nell' istesso tempo, e sullo stesso punto, formando angoli retti: dove quello, che una palla di cannone scuote, l' altra butta giù.

che si separano dalla stima per farne un'altra a parte che sarà lo stato della spesa.

Da che il Maresciallo di Vauban ha dato i regolamenti che qui abbiam riferito, gli Ingegneri vi si sono quasi tutti attenuti. Alcuni però non tanto scrupolosamente; ed appunto per non adottare quanto eseguito venne dall'uno piuttosto che dall'altro, io riferisco qui letteralmente le istruzioni di Vauban, a preferenza di quelle che si sarebbero potuto prendere altrove. Del resto tutti in poco tempo possono porsi al fatto di tali minuzie, giacchè basterà leggere o copiare gli Stati e le Memorie che si fanno nelle piazze durante il corso d'un anno.

LIBRO QUARTO

DELLA COSTRUZIONE DEGLI EDIFICJ MILITARI E CIVILI

Abbiamo insegnato nel libro precedente come si costruissero le grandi opere di fortificazione, con tutte le particolarità che si doveano considerare: si parlerà in questo degli edificj che si fanno alle fortezze, delle loro proprietà, della maniera di solidamente fabbricarli e vi si troveranno nuovi dettagli che piaceran forse a coloro che devono renderseli famigliari. E siccome l'esperienza nell'arte di fabbricare è la regola che può seguirsi con maggiore certezza, segnatamente quando devonsi solo imitare le opere che sono già state con buon esito eseguite, ho creduto sano avviso riportare esattamente le piante, i profili, e gli alzati degli edifizj i più accreditati che furon fatti nelle piazze nuove. Perchè siccome quelli che ne han dato i progetti possono chiamarsi maestri dell'arte, è a supporsi ch'essi abbian fatto quanto han potuto di meglio, sicchè non vi sia pericolo d'incorrere in errore, seguendo il loro esempio, lasciando poi al senno di chi farà costruire il praticare que' cambiamenti che crederà opportuni.

Siccome della muratura si è diffusamente parlato nel Libro Terzo, non mi fermerò qui più a lungo su tal proposito, tanto più che nel Sesto si troveranno delle stime che non lascieranno nulla a desiderare per la costruzione delle opere che vogliono essere accuratamente eseguite, e si farà in modo che siano sì ben collegate le materie, da trovarsi senza far repliche inutili in una parte, quanto sembra mancare nell'altra. Non avendo sino ad ora fatto menzione della qualità dei legni adoperati nelle armadure, delle precauzioni da prendersi per metterli in opera, e come possa calcolarsene la forza o la resistenza, comincerò prima ad esaminar tutto ciò. Farò poi lo stesso pel ferro, giacchè queste due materie dopo la muratura, son

quanto v'ha di più essenziale nella costruzione degli Edificj. Terminerò finalmente questo Quarto Libro con le massime generali, che devono seguirsi nell'Architettura Civile, e passeremo poi al Quinto, ove si troverà tutto ciò che spetta alla decorazione degli stessi edificj per essere egualmente istruito su quanto appartiene all'ornamento ed alla solidità.

CAPITOLO PRIMO

Legni che compongono le armadure.

Il miglior legno che si possa adoperare negli edificj è quello di quercia, perchè essendo durissimo resiste più di ogni altro al peso, e si conserva più a lungo e in buono stato, nè va soggetto ad imputridirsi per la umidità. Si conserva anche lunghissimamente nell'acqua, ove acquista tale durezza, da non potersi più quasi lavorare cogli stromenti. La qual cosa fu più volte notata ai pali rinvenuti sotto le rovine degli edifizj romani.

Altre volte adoperavasi negli edifizj di molta importanza il castagno, perchè ignoravasi la bontà della quercia; ma si conobbe l'errore già da quasi due secoli, perchè il castagno va soggetto a fendersi e ad imputridirsi quando è posto nella muratura, come accade alla estremità delle travi, per la qual cosa è necessario sostituirne dei nuovi; invece che quelle di quercie si conservano in buono stato dai sette agli ottocento anni, quando si son prese prima di tagliarle nelle foreste tutte le precauzioni di cui parleremo in seguito.

L'olmo è pure un buon legno; ma si adopera di rado nelle armadure perchè non essendo tanto comune vuolsi piuttosto riserbarlo ad altri usi. Se ne fanno dei verricelli, dei mozzi e dei raggi di ruota, di mulino o di carrozza, e s'adopera segnatamente nelle costruzioni di carrette da cannone.

L'abete è altresì in uso negli edifizj, quando può aversene a buon patto per i tavolati e i travicelli. Ve ne ha di due sorta; l'abete comune e l'abete rosso, quest'ultimo è migliore, perchè si rompe più difficilmente dell'altro. Siccome conservasi bene nell'acqua si adopera pei tavoloni, nella costruzione delle chiuse e pei graticolati che stanno al di sotto delle fascine nelle gettate. Per altro non val molto negli edificj, perchè è soggetto a scaldarsi e ad esser roso dai vermi.

Taceio di molti altri legni adoperati nelle armadure, o perchè non convenienti a cagione della loro cattiva qualità, o perchè rari, o perchè di

tal prezzo da essere riserbati alla fabbrica di mobiglie o ad altri usi, che non han nulla a che fare al mio proposito (1).

Gli alberi di qualunque specie sian essi partecipano sempre della natura del terreno in cui son cresciuti. Quelli che allignano in un terreno arido, pietroso o sabbioso, sono per lo più duri e possono essere assai vantaggiosamente adoperati. Al contrario se crebbero in luoghi bassi ed umidi, non sono di una qualità tanto buona, perchè più teneri e meno atti a sopportare grandi pesi; ma in contraccambio si prestano di più ai minuti lavori, mentre che gli altri, a cagion della loro durezza, resistono di più agli istromenti. Quelli posti a mezzogiorno son migliori di quelli posti ad occidente, poichè il sole contribuisce non poco a renderli più duri, più

(1) *Quadro di diverse specie d' alberi che possono essere adoperati nelle armature di legname; colle altezze alle quali possono crescere, il diametro del loro tronco, ed il terreno che loro conviene.*

NOME DEGLI ALBERI	ALTEZZA MEDIA				DIAMETRI DEI TRONCHI		TERRENI NEI QUALI ALLIGNANO MEGLIO
	DEGLI ALBERI		DEI TRONCHI				
	in metri	*in piedi*	*in metri*	*in piedi*	*in cent.*	*in poll.*	
Ontano comune .	25	75	14	42	75	28	Umido, pantanoso.
Carpino	18	54	10	30	54	20	Freddo, arido.
Castagno	24	72	14	42	72	26	In qualsivoglia terreno.
Quercia comune .	27	81	14	42	81	30	Id.
Quercia verde . .	21	63	12	36	63	23	Id.
Frassino	20	60	12	36	60	22	Terra umida.
Faggio.	24	72	14	42	72	26	Terreno grasso, umido.
Ippocastano . . .	24	72	14	42	92	36	Qualsivoglia terreno, purchè non umido.
Larice.	25	75	15	45	90	33	Freddo, tenace.
Noce	18	54	15	45	92	34	Qualunque, ma molto meglio, se in terreno grasso, sodo.
Olmo	24	72	14	42	80	30	Marnoso.
Pioppo.	25	75	15	45	81	30	Grasso, umido, pantanoso.
Pino del Nord . .	27	81	15	45	87	33	Sabbioso, montuoso secco.
Platano	25	75	13	39	90	33	Umido.
Abete	32	96	18	54	120	44	Sabbioso secco, marnoso elevato.
Tiglio	18	54	10	30	66	25	Umido, pantanoso, marnoso sabbioso.

alti e più grossi: inoltre hanno pochissimo alburno, sostanza che trovasi nell' albero immediatamente sotto la scorza, più tenera del resto, e che può considerarsi come la materia della quale l' albero s' è aumentato in poco tempo, perchè ogni anno la linfa comincia in primavera a formare un nuovo alburno, che va sempre crescendo sino alla caduta delle foglie, e s' indurisce durante il verno per unirsi al corpo dell' albero, i cui pori si ristringon pel freddo, e che non avendo più come prima la linfa, è quasi morto (1). Ma allorquando la terra si scalda in primavera, la natura forma ancora un nuovo alburno, e tutti gli anni accade la stessa cosa finchè comincia a deperir per vecchiezza.

Deve ancora notarsi che gli alberi che crescono lontani gli uni dagli altri, e che son battuti dal vento, come quelli che allignano sui lembi delle foreste, sono ordinariamente più duri e più forti degli altri, che vengono nei luoghi chiusi ove i venti non penetrano punto; i primi s'assomigliano agli uomini fatti robusti dall' esercizio e dal lavoro. Quanto alla qualità degli alberi in generale, i migliori sono quelli che hanno un fusto dritto, che non sono piegati, intristiti, senza fenditure, o screpolature.

Si può abbattere la quercia dai 60 sino ai 200 anni, perchè prima dei 60 è troppo giovine, e non ha forza bastante, e dopo 200 anni deperisce, e adoperata non si conserva tanto tempo; l' età conveniente per tagliarla in tutta la sua forza è verso ai cent'anni.

Si dice ordinariamente che una pianta cresce durante 100 anni, rimane stazionaria altri 100 e nei successivi 100 anni deperisce; ma è un errore il supporre che dopo 100 anni, rimanga essa per cento altri in una specie d'inazione; giacchè mentre credesi che stia stazionaria, aumenta in grossezza fino ai 160 o 180 anni, come è facile accorgersi quando è abbattuta. È bensì vero che dopo cent' anni un albero non aumenta più in altezza, ma ciò non gli impedisce di diventare più grosso, poichè prende ancor nutrimento avendo sempre linfa ogni albero che porta foglie, ed essendo sempre la linfa un nutrimento dell'albero: mentre se l' aumento d'un albero non durasse che un secolo, non lascerebbe scorgere alcun accrescimento, cosa contraria alla sperienza.

Volendosi sapere l' età d' un bosco ceduo o d'alberi d' alto fusto si taglieranno questi al piede e vi si vedranno dei circoli quasi concentrici, che vanno come in progressione dal centro dell' albero sino alla scorza, e che indicano distintamente il numero degli aumenti e quelli per conseguenza degli anni.

Il tempo più adatto per atterrare le piante è dal mese d'ottobre sino al mese di marzo, perchè allora la linfa non è in moto, e i pori son più ristretti. Si cerca anche di tagliarle nell'ultimo quarto di luna, perchè credesi si trovi maggiore o minore umidità nei pori, secondo che la luna cresce o

(1) Il tronco di un albero è composto di *scorza*, *alburno* e *midollo*. La *scorza* è una sostanza molle, formata dal *libro* e dall'*epidermide*. L'*alburno* è situato tra la *scorza* ed il *legno* al quale s' identifica colla vegetazione. — Il *legno* e la parte interna e dura dei vegetabili legnosi. — I legni si dividono in due qualità principali, *forte* e *dolce*; appartengono alla prima, come ognun sa, la quercia, l'olmo, il faggio ec. alla seconda il castagno, il tiglio, l' abete, il salice, il pioppo, la betulla ec.

scema (1). Il miglior modo di atterrarle quando si vogliono prendere tutte le necessarie misure è di tagliarle tutto all'intorno al piede sino alla metà del midollo, perchè la linfa colando da questo taglio attraverso l'alburno non si corrompa nei legni.

Siccome si comprano tutti i giorni legni atterrati, bisogna, per non essere ingannati, provarli prima, perchè se hanno qualche difetto, si possa almeno adoperarli nel modo meno svantaggioso. A tal uopo si sparge sopra uno degli estremi dell'albero un po' d'olio d'oliva ben caldo, e se il terreno in cui è cresciuto quell'albero sarà pantanoso, essendo acre il suo sale, l'olio scoppietterà stridendo: che se quello allignava in un terreno dolce ed è stato tagliato in tempo di linfa, l'olio non sarà imbevuto egualmente dappertutto e ne resterà presso i bordi; che se al contrario è cresciuto in luogo secco, ed è stato tagliato in tempo in cui la linfa non circolava, l'olio s'imbeverà interamente e seccherà sull'istante. Dopo ciò, bisognerà guardarsi di non adoperar alberi nati in terreno pantanoso, nei luoghi umidi od esposti alla pioggia perchè in poco tempo imputridiscono; è egualmente pericoloso di metterli ove il sole domina assai, perchè il rapido passaggio al calore dall' umidità, li apre e li fa fendere, come giornalmente si vede, non solo nelle armature in legname esposte all' aria, ma in quelle anche che stanno al coperto. Quando poi vuolsi manifestare il proprio malcontento agli intraprenditori o ai carpentieri, rispondono essi che ciò procede dalla natura del legno, ed o per ignoranza o per malizia si tolgono d'impaccio con questo sciocco ragionamento. Ma siccome si è costretti bene spesso ad impiegarne, e di buona e di cattiva qualità, bisognerà scegliere i migliori, cioè i meno umidi per porli nei luoghi i più considerevoli dell' edifizio, e gli altri nei luoghi di poca importanza: notando che i legnami grossi divenendo vecchi, sono più soggetti a fendersi e a rompersi dei minuti. Sarà cosa utile l' adoperare il legno migliore per fare le travi che devono sostener solaj, affinchè col lasso di tempo se si è costretti a rinnovar qualche pezzo di armadura, non siasi obbligati ad una grande spesa e ad un lavoro considerevole.

Accade bene spesso che un pezzo di legno, dopo essere stato squadrato appaia sano, mentre il midollo è guasto; per non essere ingannati bisogna batterne col martello una estremità e por l' orecchio su l'altra: se si ode un rumor sordo e rotto, è segno che il pezzo è guasto, ma se il suono è chiaro è una prova che è buono.

Ho pur fatto notare che se possono tenersi al coperto per qualche tempo i legni prima di porli in opera, saranno più servibili, perchè così se cresciuti in terreno umido saranno meno soggetti a piegarsi ed a fendersi. Vorrei pure che si tenessero in serbo due anni, perchè col tempo potessero assodarsi e consolidarsi. Se si tratta di opere di falegname, bisognerà tenerli in serbo di più; e adoperati anche dopo cinque o sei anni, l'opera riescirebbe più perfetta.

(1) Da lungo tempo l' esperienza ha provato che questa opinione che non era fondata sopra osservazione alcuna, nè su di alcun raziocinio, era un semplice pregiudizio. Si riconobbe in effetto che le querce abbattute in luna nuova, o luna scema, in estate o in inverno, si conservavano egualmente bene, che potevano altresì essere in piena linfa, ma scarse d' alburno, senza essere perciò più soggette ai vermi che quelle abbattute in tutt' altro tempo.

Una precauzione necessarissima nell'uso giornaliero dei legni, si è di non adoperarli che staccato l'alburno; perchè per poco che ne resti, dopo che sono stati squadrati, è certo che produrrà la putrefazione, o che si svilupperanno dei vermi.

Alcuni pretendono che i vermi che nascono nei legni non vengano dalla sostanza del legno medesimo, ma siano uova che i vermi depongono nella terra e che la linfa introduce nei pori, ove sviluppandosi dopo un certo tempo, nascono i vermi che vi si vedono quando è secco. Confrontata questa ipotesi con ciò che giornalmente accade, la si trova assai plausibile; perchè i legni che son soggetti ad essere tarlati cominciano a guastarsi per l'alburno, quando squadrandoli ve se ne è lasciato; e più l'alburno è considerabile più i vermi crescono in abbondanza; e siccome il legno che ha più alburno alligna ordinariamente nei luoghi umidi non è dunque maraviglia che vada più degli altri soggetti a tali inconvenienti.

Altri attribuiscono questi vermi ad una cagion differente: le mosche, essi dicono, depongono le uova e queste uova producon dei vermi, che si nutrono e crescono. Ora le mosche pungono il frutto che è più a loro adattato e vi depongono un uovo che forma il verme, da cui questo frutto è mangiato; così non può accadere che facciano la stessa cosa negli alberi il cui legno è tenero, come quello che cresce nei luoghi umidi, e il cui alburno è facile a penetrare?

Il legno quantunque buono talvolta si guasta, quando è posto in opera, la qual cosa si conosce per le spume che manda fuori, e che molto si rassomigliano a funghi.

Quando è riscaldato va ancora soggetto ad un altro difetto, che è quello di coprirsi di macchie bianche, nere e rosse che lo fa parere imputridito; ma quel che fa maraviglia si è che un legno, quantunque sano, applicato contro un altro che ha i difetti di cui abbiamo parlato, glieli partecipa alla fine d'un certo tempo; per la qual cosa bisogna guardarsi nel porlo in opera che non tocchi niente che possa danneggiarlo e fare anche in modo che i pezzi considerabili, come le travi, non tocchino mai nè malta, nè gesso, perchè queste materie scaldano; sarà meglio lasciare piccoli fori nei muri all'estremità delle travi, onde l'aria esterna possa rinfrescarle (39).

(39) V. le Note del Navier.

CAPITOLO SECONDO

Della forza dei principali legni che entrano nelle armature.

Dacchè cominciai ad occuparmi dell' architettura, la muratura e le armature di legname, mi sono sembrate degne d'uno studio particolare; dopo aver atteso alla meccanica della muratura, ho istituito esperienze sui legni che vengono più sovente adoperati negli edifizj, che qui dettagliatamente riporterò, perchè serviranno in progresso di tempo a stabilire delle regole generali da applicarsi a qualunque caso; ma è necessario premettere alcuni principj.

Principj su la resistenza del legno in generale.

Si abbia una trave E D G F (Tav. XI fig. 104) posta dalla parte sua più stretta sul punto d' appoggio R, che corrisponde alla metà A della lunghezza; sia questa tavola estremamente sottile, per far astrazione della sua grossezza, e a ciascuna delle estremità D E ed F G, vi sia una forza che agisce dall' alto al basso per romperla. Ciò posto egli è certo che dal momento in cui queste forze cominceranno ad agire, anche la tavola comincierà a curvarsi, perchè le fibre del mezzo si allungheranno le une più, l' altre meno, e saranno tese in proporzione della loro distanza dal punto d' appoggio. Ora supponendo che la linea B A o C A sia divisa in un gran numero di parti eguali, e che ciascun punto della divisione corrisponda ad una fibra, tutte queste saranno in progressione aritmetica poichè formano tutte unite gli elementi d'un triangolo. Dall'altra parte noi abbiamo le due leve ricurve C A G e B A E, che hanno lo stesso punto d' appoggio R, e se vi ha una forza applicata a ciascuna estremità del braccio A E ed A G come l'abbiam supposto, si potrà dire che i bracci A B ed A C corrispondono alla fibra B C, come i bracci A H ed A I corrispondono alla fibra H I; e così di tutte le altre che avranno i bracci di leva più o meno grandi, secondo che saranno più o meno lontane dal punto d' appoggio; dal che segue che i bracci di leva sono in progressione aritmetica come le fibre che ad essi corrispondono, e che le progressioni da una parte all' altra si riducono a zero nel punto A. Si può dunque dire a cagione dei triangoli simili che il prodotto del braccio di leva A B per la fibra B C starà a quello del braccio di leva A H per la fibra H I, come il quadrato di A B sta al quadrato di A H, e quindi lo sforzo di tutte le fibre, relativamente ai loro bracci di leva, diminuisce venendo verso il punto d' appoggio, nella ragione dei quadrati dei termini di una progressione aritmetica. Così lo sforzo di tutte le fibre essendo di-

stribuito nel triangolo A B C, non sarà che il terzo di ciò che diverrebbe se fosse riunito alle estremità B e C, dei bracci di leva A B ed A C, poichè la somma di tutti i quadrati della progressione equivale soltanto al terzo del prodotto del massimo quadrato per la grandezza che esprime la quantità degli stessi quadrati; per la qual cosa potremo in seguito, senza difficoltà, supporre che la forza di tutte le fibre sia riunita alla estremità del braccio di leva che corrisponde alla resistenza, quando anzichè ammettere questa forza, tale e quale è infatti, non se ne prenderà che la terza parte.

Ora per calcolare la forza del legno cominciamo ad esaminare ciò che gli accade quando è per rompersi, e immaginiamo dunque che si posi una trave A C (figura 105) su due appoggi. È certo che caricandola nel suo punto di mezzo, la faccia superiore lascerà la linea orizzontale per formare un angolo che sarà primamente curvilineo e che col crescer del peso diventerà più sensibile, sino a tanto che le due metà B A e B C si separeranno nel momento che la trave si romperà. Ora si noti che primamente le fibre che sono lungo la linea E F nella faccia superiore, sembreranno chiudersi intanto che quelle opposte nella faccia inferiore s'allungheranno e cominceranno a separarsi. Così quando la forza che le univa diventa minore della forza che tende a staccarle, si rompono quasi tutte nel medesimo istante, ma prima di ciò si son trovate d'altrettanto più tese le une delle altre, quanto erano più lontane dalla linea E F, che può considerarsi come il punto d'appoggio comune alle due leve ricurve H E A e G E C, perchè tutto ciò che abbiam detto vedesi nella figura 105; la differenza sta solo in ciò che la trave avendo una grossezza determinata E F, tutte le fibre che il peso dovrà vincere saranno espresse insieme dalla superficie del piano G E F I, o se vuolsi dalla base della trave, e allora tutte queste fibre potranno essere considerate come una quantità di piani estremamente sottili posti gli uni sugli altri, la cui larghezza è sempre eguale ad E F; e siccome la resistenza di ciascuna dipende ancora dalla sua lontananza dal punto d'appoggio, rispetto al braccio di leva che le corrisponde, ne segue che per ridurre tutti questi piani o fibre a non avere che un braccio di leva comune, bisognerà che questo braccio di leva non sia che il terzo della linea E G, oppure volendosi riunirle lungo la linea G I o al punto G soltanto, estremità del braccio di leva E G, bisognerà prendere due terzi solamente del piano G E F I. Può dunque esprimersi la resistenza di questa trave col prodotto della linea E G pel terzo della base G E F I.

Per applicare questa teorica a qualche nozion conosciuta, si osservi che più un trave è lungo, più facilmente si rompe; e la ragione sta in ciò senza dubbio che avendo un braccio di leva più lungo questa forza deve necessariamente prevalere, ammenochè si potessero cangiare le dimensioni della base. Perchè se il piano G E F I non cambia, la resistenza o la forza della trave sarà espressa dallo stesso prodotto, e se si raddoppiasse invece la lunghezza della trave basterà alla potenza la metà della forza che era necessaria prima per romperla.

Se, non alterando la lunghezza della trave nè la grossezza orizzontale G I, si raddoppiasse l'altezza E G, la sua resistenza sarebbe quadrupla di quella che opponea prima, poichè il braccio di leva E G diverrebbe il doppio

al pari del numero delle fibre, cioè il piano G E F I; dal che ne segue che di due travi dello stesso legno, della stessa lunghezza e grossezza, l'una avrà il quadruplo di forza dell'altra, se l'altezza verticale della prima sarà doppia della seconda; così la resistenza di due travi A B ed E F di una stessa lunghezza sarà proporzionale ai prodotti del terzo della loro base per la loro altezza verticale, ossia anche ai prodotti dei loro piani C D e G H per la loro grossezza verticale G B e G F, o ancora *come il prodotto del quadrato dell'altezza verticale G B dell'uno moltiplicato per la sua grossezza B D sta al prodotto del quadrato dell'altezza verticale G F dell'altro per la sua grossezza orizzontale F H.*

Ma se si avessero due travi come I K ed N O (fig. 108 e 109), di lunghezze diverse, e di basi diverse, e si volesse conoscere la forza di queste travi posate sui lati L M e P Q, bisognerebbe moltiplicare il quadrato dell'altezza K L della prima per la lunghezza L M della sua base, e dividere il prodotto per la lunghezza I K; così si moltiplicherebbe il quadrato dell'altezza verticale O P della seconda trave per la grossezza P Q della sua base, e si dividerebbe il prodotto per la lunghezza N O; paragonando poi questi due quozienti, il loro rapporto sarà eguale a quello della forza o della resistenza delle due travi; sicchè se, per esempio, l'altezza K L fosse di 12 pollici, la larghezza L M di 8, e la lunghezza L K di 36 piedi, moltiplicando il quadrato di 12 per 8 e dividendo il prodotto per 36 si ha 32; così supposto O P di 14 pollici, P Q di 10 e la lunghezza N O di 24 piedi, moltiplicando il quadrato di O P per P Q e dividendo il prodotto per 24 si avrà $81 \frac{2}{3}$; sicchè la forza della trave I K starà a quella della trave N O, come $32 : 81 \frac{2}{3}$.

La ragione è per sè stessa chiarissima, giacchè ognun vede che più una trave è lunga, meno è forte, e se dividesi per la lunghezza la quantità esprimente la resistenza, cioè il prodotto del quadrato della sua altezza per la lunghezza della sua base, il quoziente sarà tanto più piccolo quanto più sarà grande il divisore.

Concesso che la grossezza verticale d'una trave esprima il braccio di leva corrispondente alla resistenza, vedesi chiaro, che più questa altezza sarà grande, più sarà forte la trave, e quindi una trave, posta in coltello, resisterà più d'un'altra posta a piatto, in ragione che la prima situazione le darà maggiore altezza della seconda; per esempio una trave che avesse 8 piedi sopra 16, avrebbe, posata in coltello, una forza doppia di quella che se fosse posata a piatto. Così due travi di lunghezze eguali e di basi pure eguali, possono avere delle resistenze che differiscano all'infinito, poichè se si suppone l'altezza della base dell'una infinitamente grande, e la sua larghezza infinitamente piccola, rimanendo le stesse le dimensioni della base dell'altra trave, la resistenza della prima posata in coltello sarà infinitamente maggiore della seconda, quantunque tra loro eguali in solidità. Ma siccome cotali supposizioni non possono aver luogo in pratica, basti il sapere che dopo aver dato ad una trave un conveniente collocamento non le si potrebbe mai assegnare una soverchia grossezza verticale per renderla capace di sopportar grandi pesi.

In quanto abbiam detto si è supposto che le travi fossero a base ret-

tangolare; lo stesso accadrebbe se fossero invece a base circolare: i diametri dei circoli rappresenteranno sempre i bracci di leva corrispondenti alla resistenza e la loro superficie il piano delle fibre che dovrà vincere la potenza.

Gli appaltatori e i mercanti di legname, essendo pagati ad un tanto ogni cento travicelli, ne moltiplicano il numero più che possono, per la qual cosa essi tagliano le travi e gli altri grossi pezzi in forma quadrata perchè il quadrato è il massimo rettangolo che posso inscriversi in un circolo. Per quanto abbiam veduto una trave di 10 sopra 14, è preferibile ad un'altra di una stessa lunghezza di 12 sopra 12. La prima contiene meno travicelli della seconda, ed è nello stesso tempo più forte; di prezzo stan tra loro come 140 a 144, mentre il rapporto della loro forza è di 245 a 216, vantaggi considerevolissimi. E l'esperienza che va molte volte innanzi alla teorica, ha da lungo tempo mostrato che le dimensioni da darsi alla base d'una trave doveano essere nel rapporto di 5 a 7; o, ciò che torna lo stesso, doveasi fare in modo che il quadrato dell'altezza verticale fosse doppio del quadrato della grossezza orizzontale. Parent ha dimostrato che la base della più forte trave che trar si potesse dal cilindro d'un albero era quella in fatti, in cui il quadrato del massimo lato sarebbe doppio del quadrato del minimo (40), e a norma del suo principio ecco una maniera facilissima di segnare nel circolo di un albero la base da darsi alla più forte trave che possa cavarsi dall'albero stesso.

Diviso il diametro A B dell' albero (fig. 112) in tre parti eguali nei punti C e D, si abbassa la perpendicolare D E al di sotto del diametro; si innalza la perpendicolare C F al di sopra, e si descrive il rettangolo A E B F, che sarà il richiesto; potendo facilmente dimostrarsi che il quadrato del lato F B è doppio del quadrato del lato F A. Di fatti chiamata a ogni parte eguale del diametro, sarà $CB = 2a$; e siccome il rettangolo di A C per C B è eguale al quadrato di C F, questo quadrato sarà dunque eguale a $2a^2$, e quindi si avrà

$$\overline{AC}^2 + \overline{CF}^2 = a^2 + 2a^2 = \overline{AF}^2 = 3a^2;$$

così si avrà ancora

$$\overline{CB}^2 + \overline{CF}^2 = 4a^2 + 2a^2 = \overline{FB}^2 = 6a^2,$$

e però il quadrato di F B è doppio del quadrato di F A.

Le travi costituendo i pezzi principali delle armature, mi tratterrò a preferenze su queste; e siccome bene spesso accade che le loro estremità sono incastrate nelle grossezze dei muri, e non semplicemente posate sopra appoggi, come abbiam veduto più sopra, è necessario attenersi a quanto è di maggior uso e conseguentemente a quanto può accadere alle travi adoperate negli edifici e caricate di un considerevole peso. Ma per rendere più intelligibile quanto ho da dire, comincierò a considerare una trave posata

(40) V. le note del Navier.

orizzontalmente, in modo che una delle sue estremità sia incastrata nel muro, e che l'altra resti libera senz'essere sostenuta; così abbiasi la muraglia AB (fig. 114), la cui grossezza sia, per esempio, di due piedi e mezzo, e si supponga che l'estremità d'una trave sia ben infissa in questo muro, sicchè la parte EK, che è al di fuori, si sostenga da sè stessa orizzontalmente quando però nessun'altra forza estrinseca agisca su di essa, perchè si fa astrazione dal suo peso. Ora se all'estremità K si sospendesse un peso M tanto grande da far piegar la trave, comincierebbe essa a curvarsi, e tenderebbe ad uscir dal muro all'altra estremità; ma siccome vi è tanto fortemente incastrata, che l'estremità chiusa nel muro non può assolutamente muoversi, tutta la forza che si farà a questa trave terminerà in DCHF: le fibre che toccano la linea HC s'allungheranno di mano in mano che crescerà il peso M, e vi sarà un momento in cui le fibre immesse nel muro si staccheranno da quelle al di fuori, ed allora, tolto l'equilibrio, il peso M la vincerà sulla trave, e nel tempo di questo sforzo la linea FD, base del foro della muraglia, sopporterà tutta l'azione del peso, e sarà quindi il punto d'appoggio corrispondente alla leva ricurva EDL, formata, se vuolsi, dai due piani GEDF ed FDLN. Ora siccome il piano DEGF comprende tutte le fibre che devon rompersi, se si suppone, come già abbiam fatto, che la loro resistenza sia concentrata lungo la linea EG, ed anche nel punto E, si potrà concepire che la resistenza, cioè la forza del legno, sia applicata all'estremità del braccio DE della leva EDL, mentre che la potenza lo sia all'estremità L del braccio DL; e quindi torniamo a quanto abbiam detto al proposito di una trave che avendo i suoi estremi su due appoggi tende ad esser rotta nel mezzo per l'azione d'un peso sovrappostovi od attaccatovi.

Immaginiamoci adesso una trave incastrata per le estremità nei due muri AB e CD (fig. 110), che si suppongono paralelli; dico che caricandosi il mezzo di questa trave d'un peso considerevole si romperà in tre luoghi, nella metà cioè ed alle due estremità, il che non può essere altrimenti se si riflette che quando la trave comincia a fare un angolo nel mezzo non può abbandonare la linea orizzontale EF senza che ogni estremità faccia sforzo per rompersi; poichè per la rottura che deve farsi nel mezzo noi abbiamo due leve ricurve IGM ed HGP, e per quella delle estremità si hanno pure due altre leve PHQ ed MNI; quindi il peso che sarebbe nel mezzo graviterà in tre luoghi in pari tempo; giacchè primamente le fibre che uniscono i punti H, I saranno tese tanto fortemente quanto quelle che uniscono da una parte i punti M ed F, e dall'altra i punti E e P; così quando quelle del mezzo cominciano a rompersi se ne distacca da ciascuna parte uno stesso numero e nel medesimo tempo. Può dunque conchiudersi che una trave le cui estremità sono incassate nel muro essendo caricata d'un peso considerevole nel suo mezzo, questo peso esercita un terzo della sua forza in ciascun luogo che tende a rompersi, e conseguentemente non si sarà mai cauti abbastanza nella costruzione degli edificj assicurando e trattenendo l'estremità dalle travi, prevenendo così degli inconvenienti che derivano bene spesso dal procedere a caso (41).

(41) V. le note del Navier.

Si dirà forse potersi immaginare a fatica che una trave ritenuta ai due estremi possa rompersi al luogo degli appoggi, essendo tutto ciò contrario alla esperienza, la quale mostra come questa rottura si faccia sempre nel mezzo. Egli è vero non essere infrequente il caso di questa semplice rottura, ma deve a tutt'altro attribuirsi, giacchè, se ben si osserva, quando le travi si curvan nel mezzo o son vicine a rompersi, si vedrà che le loro estremità escono dalla situazion naturale; il che d'ordinario proviene da ciò che la muratura al di sopra deperita ben non le serra e lascia loro adito a muoversi; oppure si impiegano travi troppo corte, le quali incastrate nel muro per soli 5 o 6 pollici, non lo sono di tanto quanto sarebbe necessario; e però si trattengono sempre con spranghe di ferro che sono deboli o che poco si aggrappano, e che produr non possono mai lo stesso effetto d'una trave che posa su tutta la grossezza del muro, piegandosi queste branche e seguendo la trave nei suoi movimenti.

I principj per me stabiliti, quantunque evidentissimi, sono confermati, dalle sperienze da me fatte sulla forza dei legni, perfettamente accordantisi colla nostra teorica; e mi fu di non poca soddisfazione il vedere come queste sperienze combinassero con quelle del signor Parent alle quali non ho voluto attenermi, bramando da me stesso accertarmi della verità. Ora perchè dedur se ne possa tutto quel vantaggio che può derivarsene, se ne vedrà il dettaglio nel Capitolo seguente.

CAPITOLO TERZO

Di parecchie sperienze sulla forza del legname, e del modo di valersene nella costruzione degli edificj.

Per instituire le stesse esperienze in diversi modi ho preso un numero di regoli di legno bene squadrati e tutti di quercia, passabilmente buona, più verde che secca, presso a poco della stessa qualità, e tagliati in modo che le fibre del legno si trovassero sempre nello stesso senso, rispetto alla situazione in cui i regoli doveano essere posti.

Si adoperarono due cavalletti per far le funzioni d'appoggi, accomodandoli in modo da potervi serrar le travi con lastre di ferro, qualora ne venisse l'opportunità. E trovandosi in un arsenale, come quello in cui instituii le mie esperienze, un gran numero di pesi e di macchine per innalzarli, potei farne quante ne volli, per trarne le conseguenze che dedurrò alla fine di questo capitolo. Siccome poi è difficile di trovare del legno i cui pezzi siano tanto in tutto e per tutto uniformi, da

rendere indubitate le sperienze, le ho ripetute tre volte con legni delle stesse dimensioni, poi ho preso il terzo della somma dei pesi che ciascuno ha portato, e me ne è risultato un numero che può esprimere la forza media.

È qui utile l'avvertire che per lunghezza d'un regolo o di un travicello intendo la lunghezza compresa tra i due appoggi, non essendo necessario far menzione di tre o quattro pollici di più, dati ai loro estremi per farli posar sugli appoggi. Soggiungerò ancora d'aver fatto astrazione al peso dei regoli, e che nella applicazione di queste sperienze alle travi faremo pure astrazione al loro peso per rendere i calcoli meno complicati.

Prima Sperienza.

Un regolo di diciotto pollici di lunghezza e d'un pollice in quadro, posato su due appoggi, senza essere serrato nelle sue estremità, ha sopportato nel suo mezzo prima di rompersi 400
Un secondo regolo, posto nell'egual modo. . . . 415 } 406 libbre
Un altro simile, in tutto al precedente 405

Questa sperienza s'accorda perfettamente colla dodicesima riferita dal signor Parent nelle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze dell'anno 1707, ove dice che un pezzo di legno di quercia di ventiquattro pollici di lunghezza su di un pollice in quadrato, ha portato trecento libbre nel suo mezzo, un momento prima di rompersi; e siccome il nostro regolo di diciotto pollici avea per lunghezza tre quarti di quella del pezzo di quercia del signor Parent, doveva portare cento libbre di più, sicchè si ruppe solo per l'azione d'un peso di circa 400 libbre.

Seconda Sperienza.

Un regolo di diciotto pollici di lunghezza su di un pollice in quadro, serrato nelle due estremità, avea portato prima di rompersi 600
Un secondo regolo, serrato pure nelle sue estremità 600 } 608 libbre
Un terzo, come i precedenti, e posato nello stesso modo 624

Siccome in questa seconda sperienza tutt'i regoli erano stati serrati alle due estremità, trattavasi di sapere se si romperebbero effettivamente in tre luoghi. Mi fe' meraviglia il vedere che il primo, il quale si ruppe sotto il peso di 600 libbre, si ruppe solo nel mezzo, essendosi per altro le due estremità un po' curvate; ma accortomi che le spranghe di ferro che lo ritenevano aveano alquanto ceduto sotto un sì gran peso, le raddoppiai alla seconda sperienza, e caricato di bel nuovo il regolo di quasi 600 libbre, si ruppe nel mezzo ed alle estremità. La terza trave la si era pur rotta nello stesso modo, come parecchie altre in seguito che sottoposi allo stesso processo per semplice curiosità.

Questa sperienza prova evidentemente che una trave fermata e ben serrata nelle due estremità può sopportar un peso molto maggiore di quello che sopportar possa un'altra posata su due appoggi; la differenza essendo

di 3 a 2; cioè la trave trattenuta alle due estremità è più forte d'un terzo di quella che non lo è. Queste due sperienze s'accordano altresì colla seconda e la terza del signor Parent, il quale dice che un pezzo di legno di quercia, lungo undici pollici sopra 5 o 6 linee di base, posto in coltello su due appoggi, senza essere chiuso alle estremità, ha sopportato prima di rompersi, un peso di 34 libbre e mezzo, e che un altro pezzo, simile in tutto a questo, ma serrato nelle due estremità, ne ha sopportato 51, il che dà pure il rapporto di 3 a 2, di cui abbiamo parlato. La settima ed ottava sperienza di questo autore provano pure la medesima cosa.

Terza Sperienza.

Un regolo di diciotto pollici di lunghezza e di due pollici sopra un pollice in riquadratura, posto a piatto, senza essere fermato nelle estremità, ha sopportato 810
Un altro regolo, posato nell'egual modo. 795
Un terzo, posato pure nell'egual modo . . . . . . 812 } 805 libbre

Veduto nella prima sperienza che un regolo di diciotto pollici di lunghezza, sopra un pollice in quadro, posato su due appoggi, senza essere serrato, ha sopportato 400 libbre, ragion vuole che un altro regolo della stessa lunghezza e della stessa altezza, posato nell'egual modo, ma che abbia il doppio in larghezza, porti un doppio peso; così abbiamo 805 libbre per forza media invece di 800: differenza trascurabile.

Quarta Sperienza.

Un regolo della stessa dimensione di quello adoperato nella terza sperienza, ma posto in coltello, senza essere trattenuto agli estremi, ha portato. 1570
Un altro eguale e nell'egual modo posto. . . . 1580
Un terzo . . . . 1590 } 1580 libbre

Questa esperienza prova che due travi della stessa lunghezza, e di basi egualmente larghe, stanno in forza come i quadrati delle loro altezze; perchè la forza media d'un regolo che ha un'altezza doppia di quella della prima sperienza ed eguale in tutto nel resto, è di 1580, numero presso a poco quadruplo di 400. Prova pure che la forza d'una trave posta a piatto sta a quella posta in coltello, come il minor lato della base sta al più grande.

Quinta Sperienza.

Un regolo di 3 piedi di lunghezza e d'un pollice in quadro, non essendo serrato alle sue estremità, ha portato 185
Un secondo simile, ed egualmente posato 195
Un terzo. . . . . 180 } 187 libbre

Questa sperienza mostra chiaramente che di due travi a base eguali e poste sullo stesso lato, la più lunga ha tanto minor forza della più corta quanto più è lunga; perchè nella prima sperienza una trave di diciotto

pollici di lunghezza e d'un pollice in quadro ha portato 400 libbre; mentre che la forza media di un altro regolo di 36 pollici di lunghezza e della medesima base non fu che di 187 in vece di 200 libbre che avrebbe dovuto sopportare. Questa differenza procede dalla diversa qualità del legno.

Sesta Sperienza.

Un regolo di 3 piedi di lunghezza e d'un pollice in quadro, fermato agli estremi, ha portato 285
Un secondo, posato nello stesso modo . . . . . 280 } 283 libbre
Un terzo 285

I regoli di questa sperienza si son rotti in tre luoghi come nella seconda, e la loro forza media non è arrivata che a 283, invece di 300, per essere nello stesso rapporto colla seconda sperienza. Ma è quasi impossibile che le esperienze possano dare quanto giustamente dovrebbe aspettarsi, rispetto a quelle che sono state fatte per le prime. Può per altro qui notarsi che la forza media dei regoli della sesta sperienza sta a quella dei regoli della quinta, press'a poco come 3 : 2; quindi rimane sempre più provato che le travi che posano soltanto su due appoggi, hanno una forza minore d'una terza parte di quelle che trattenuto sarebbero alle estremità.

Settima Sperienza.

Un regolo di 3 piedi di lunghezza sopra 2 pollici in riquadratura, non fermato alla estremità, ha portato 1550
Un secondo simile, e posato nello stesso modo . 1620 } 1585 libbre
Un terzo 1250

Il primo e il secondo regolo di questa esperienza han portato presso a poco il peso che dovea esprimere la loro forza, rispetto alla prima ed alla quinta sperienza; il primo regolo per altro ha portato 50 libbre di meno, e il secondo 20 libbre di più, perchè il peso dovea essere di 1600 libbre. Quanto al terzo regolo non ha portato che 1250 libbre; mi parve però difettoso anche prima di farne uso, e non fui meravigliato di quanto è accaduto. Siccome per altro non avea più regoli tagliati secondo quelle dimensioni ho supposto per trovare la forza media che il terzo regolo portasse la metà della somma dei pesi del primo e del secondo.

Ottava Sperienza.

Un regolo di tre piedi di lunghezza sopra 20 a 28 linee di base, posto in coltello ha portato 1665
Un altro simile posante nello stesso modo . . . 1675 } 1660 libbre
Un altro 1640

Mi proposi con questa sperienza di vedere quanta forza una trave avente le dimensioni della base nel rapporto di 5 a 7 avesse più d'un'al-

tra a base quadrata, come nella settima sperienza, e fui convinto di quanto ho già detto, perchè la forza media dei regoli della settima sperienza non era che di 1585 libbre, mentre quella dei regoli dell'ultima era di 1660, che è una differenza di 75. Con ciò non si ha l'esatto rapporto di 245 a 216, di cui abbiamo fatto menzione nel capitolo precedente, ma basta per la giustificazione della teorica.

Non ho istituito sperienze su i regoli fermati ad una estremità soltanto, perchè mi parvero inutili, e sufficienti le già riportate a stabilire le regole di cui tratteremo. Non ho adoperato che legni di quercia; ma siccome il signor Parent ha istituite esperienze sulla quercia e su l'abete, non sarà inutile che io dica essersi veduto che la forza media dell'abete sta a quella della quercia come 119 a 100, o come 6 : 5 circa, da cui può conchiudersi, che quando un regolo di quercia porterà 500 libbre prima di rompersi, un altro di abete, simile in tutto a questo, ne porterà 600, cioè un quinto più di quello di quercia, e però trattandosi del legno d'abete, sarà facile calcolarne la forza coi dati desunti da quello di quercia (42).

Sapendosi per la seconda sperienza che un regolo di 18 pollici di lunghezza e d'un pollice in quadrato, fermato alle due estremità, può portare un momento prima di rompersi 600 libbre, ne segue che un altro pure di un pollice in quadrato e che avesse 3 piedi o 36 pollici di lunghezza, e chiuso alle due estremità, non ne porterà che 300, siccome è confermato dalla stessa sperienza; ora siccome la forza di due regoli egualmente lunghi è nel rapporto del quadrato dell'altezza di ciascuno moltiplicato per la larghezza della base, se di questi due travicelli la base dell'uno è un quadrato d'un pollice, e la base dell'altro un quadrato di sei pollici, la loro forza sarà nel rapporto dei cubi dei lati delle loro basi, conseguentemente come 1 : 216. Così se un regolo d'un pollice in quadrato e di tre piedi di lunghezza porta 300 libbre serrato alle due estremità; un altro di tre piedi in lunghezza e 6 pollici in quadrato, porterà dunque 64800 libbre, prima di rompersi, allorquando sarà perfettamente serrato alle due estremità.

Se si avesse ora una trave di 30 piedi di lunghezza tra due appoggi e di 12 pollici in quadrato, le cui estremità fossero ben trattenute ed incastrate nei due muri, e si volesse sapere qual peso può questa trave portar nel suo mezzo prima di rompersi, si comincierà dal dividere 216 per 3, cioè il cubo dell'altezza del regolo che deve servir di modello, per la sua lunghezza, e il quoziente sarà 72, che deve servire di primo termine ad una proporzione, che avrà per secondo il peso che può portar questo regolo, cioè 64800 libbre: per avere il terzo termine bisogna fare il quadrato dell'altezza di cui si tratta, moltiplicare questo quadrato per la larghezza della base, dividere quindi il prodotto che qui è 1728 per la lunghezza della trave che si suppone di 30 piedi, e prenderne il quoziente, e si avrà poi per quarto termine 51840, peso che può sopportare la trave. Si avrà nello stesso modo la forza di un'altra trave, qualunque ne siano le dimensioni.

Se la trave di cui si vuol cercare la forza, non fosse trattenuta ai due estremi ma posta solamente su due appoggi, si potrà instituire la stessa

(42) Vedi le note del Navier.

operazione, e prendere i due terzi del peso dati dal calcolo, perchè si sa che una trave in tal situazione porta un peso minore di un terzo di quello portato dalla prima (43).

Abbiam sempre supposto sin qui che il peso posasse nel mezzo, con tutto ciò, siccome può trovarsi in altri luoghi, ecco il modo di conoscere il peso che sopportar deve una trave ad un punto qualunque della sua lunghezza perchè resista come se fosse caricata nel mezzo.

Supponendo una trave A B (Tav. XI, fig. 115) lunga 24 piedi e 10 pollici sopra 14 di riquadratura, posta in coltello, e trattenuta alle due estremità, si domanda qual peso può sopportare ai due terzi della sua lunghezza prima di rompersi. A tal fine si cominci dal cercare il valore del peso E sopportato nel suo punto di mezzo, che equivarrà a 73500 libbre. Ora, siccome l'azione di questo peso può dividersi in tre, di cui uno opera alla estremità A, un altro all'estremità B, un altro nel punto di mezzo D, si comprenderà come sia necessario, perchè la trave sia caricata ai due terzi C, come lo sarebbe nel mezzo col peso 73500, che ogni estremità sia nello stesso modo tirata: per la qual cosa moltiplicando un terzo del peso E, per 12, lunghezza del braccio di leva A D o B D, corrispondente alle estremità, e diviso il prodotto per i due terzi della lunghezza della trave, che equivalgono al braccio di leva C B, corrispondente alla estremità B, il quoziente 18375 è la parte del peso che agir deve all'estremità C di questa leva per produrre lo stesso effetto operato dal peso E in D. Per avere la parte del peso che deve tirare nell'egual modo l'altra estremità A, moltiplico ancora 24500 per 12, e diviso il prodotto per l'altro terzo A C della lunghezza della trave, cioè per 8, avrò 36750 valore richiesto. Finalmente, siccome le estremità non possono rompersi se non per l'azione di quella parte del peso che opera nel mezzo, bisogna dunque supporre che la trave sia caricata al punto C, dal peso di 24500; sicchè sommando questo numero coi due precedenti, cioè con 18375 e 36750, si avrà 79625, valore di G, che la trave può sopportare in C, per essere caricata nell'egual modo, che se portato avesse nel suo mezzo il peso E di 73500, il quale è solo immaginario perchè bisogna farne astrazione e considerare la trave come carica del solo peso G.

Volendosi caricare una trave di parecchi pesi posti a diversi punti della sua lunghezza, e conoscere il rapporto tra questo peso con quello che la trave può sopportare un momento prima di rompersi, si cominci dal trovare il peso che può sopportare nel mezzo, e suppongansi quindi riuniti tutti i pesi nello stesso mezzo, si potrà allora paragonar questo peso con quello che la trave è capace di sopportare (44).

Siccome non sarebbe conveniente cosa il caricare le travi, di tutti i pesi che possono sopportare un momento prima di rompersi, perchè romperebbersi di fatto, nè si potrebbe quindi valersene, son d'avviso che per operare con tutta sicurezza non debbasi caricarle nel mezzo, luogo più debole, che della metà circa del peso che può romperle.

Sicchè trovato pel calcolo precedente che una trave lunga 24 piedi sopra 10 a 14 pollici di riquadratura, e posta in coltello, può sostenere nel

(43) Vedi le Note del Navier.
(44) Idem.

mezzo della sua lunghezza un peso di 73500 libbre, al più al più si deve solo caricarla di 36750 libbre. E si può tanto più attenersi a questa regola, in quanto che non accade mai che il peso di cui son caricati i tavolati che sostengono le travi sia perfettamente riunito nel mezzo, quasi come sospesovi con una funicella, poichè i corpi pesanti han sempre un certo volume che occupa una parte della lunghezza della trave e diminuisce conseguentemente il braccio di leva, per la qual cosa resiston di meno al peso che debbono sopportare.

Supponiamo qui che le travi sopportino tutti i pesi che devono essere addossati ai tavolati: perchè quand' anche il peso fosse sui travicelli fra due travi, appoggiandosi questi travicelli su le travi, il peso si scarica sempre sovr' esse. Così quando cedono i tavolati, cedon sempre per esse, e di rado pei travicelli i quali son sempre assai poco lunghi. Ma se si volesse considerare la forza loro, si potrà conoscere la resistenza di cui saranno capaci come si è fatto per le travi; con questo però che debbonsi considerare come due pezzi posti su due appoggi senza essere trattenuti alle estremità, ed hanno quindi un terzo di meno di forza rispetto alle travi.

Avendo sin qui parlato solamente di travi di conosciute dimensioni, ne resta ad esaminare come possa trovarsi la grossezza d' un albero, da cui si voglia cavare una trave che sia più forte di tutte quelle che può somministrare l' albero stesso, e che sia nello stesso tempo capace di portare nel suo mezzo un peso dato. È certo che avendosi due alberi i cui diametri A B e G H sono ineguali (fig. 112 e 113), e volendo cavarne le più forti travi che si possa, queste travi avranno basi simili, poichè i rettangoli F E e K I saranno nello stesso modo descritti. Ora se le travi hanno lunghezze eguali, le loro forze staranno come il parallelepipedo compreso sotto il quadrato del lato F B ed F A, sta al parallelepipedo compreso sotto il quadrato del lato K H e la linea K G; ma siccome G I : G K :: A E : A F, ne segue che questi parallelepipedi saranno simili, e in ragione dei cubi dei loro lati omologhi F B ed K H, oppure nella ragione dei cubi dei diametri o delle diagonali A B e G H, a cagione dei triangoli simili A F B e G K H. Quindi si potranno prendere i cubi dei diametri invece dei parallelepipedi, per esprimere la forza delle due travi, supponendo sempre che siano eguali in lunghezza. Se fossero diverse, si conoscerebbe ancora il rapporto della loro forza, dividendo il cubo del diametro per la lunghezza della trave corrispondente.

Se si suppone adesso cavata dal circolo F E una trave di conosciuta lunghezza, la base F E ed il peso che questa trave può sopportare un momento prima di rompersi, e si vuol conoscere il diametro dell' albero da cui cavare una trave di base simile alla precedente sicchè questa sia capace di sopportare un peso dato, bisogna trovare coll' algebra una formola, che ne indichi il modo al quale dobbiamo attenerci.

Presa la trave N P (fig. 109. Tav. XI), per quella che dee servir di modello, supporremo la diagonale $OQ = a$, la lunghezza $NO = b$, ed il peso che dee sopportare m; così diremo x la diagonale della base che si cerca; d la lunghezza della trave che appartiene a questa base, ed n il peso dato. Si avrà allora

$$m : n :: \frac{a^3}{b} : \frac{x^3}{d},$$

cioè il peso che può sopportare la trave NP sta al peso che dee sopportare quella di cui domandasi la base, come il cubo della diagonale NQ, divisa per la lunghezza NO, sta al cubo del diametro del circolo che si domanda, diviso per la lunghezza della trave a questo diametro corrispondente. Dalla data proporzione si ha

$$x = \sqrt{\frac{a^3\, dn}{b\, m}}\,.$$

Supponiamo ora NP = 24 piedi di lunghezza, OP = 14 pollici, PQ = 10 pollici; sarà a = OQ = $\sqrt{(OP^2 + PQ^2)}$ = 17 poll. e 3 linee circa; m = 73500 libbre, peso che noi abbiam veduto poter sopportare una trave come questa nel suo mezzo prima di rompersi; $b = 24$, e $d = 30$, supponendo la lunghezza della trave di cui cercasi la base di 30 piedi, e quindi ne resta solo a cercare il valore di n ed il modo con cui questa trave deve portare lo stesso peso n; perchè o l'azione del peso sarà in equilibrio colla resistenza della trave, ed anche tanto maggiore di questa resistenza da produr la rottura, o la resistenza della trave sarà tanto maggiore del peso, da non potersi avere ragionevol sospetto di rottura, come succede in pratica, chè non si pongono in opera le travi per romperle, e siccome non si devono caricare le travi se non della metà del peso che potevano sopportare prima di rompersi, sarà dunque migliore avviso per seguire questo principio, supporre che la base cercata corrisponda ad una trave che sopporti un peso doppio di quello che sopporterà in fatti: per la qual cosa volendo che resista ad un peso di 100000 libbre supporremo, che sia n = 200000, e sostituendo nell'espressione di x i valori trovati, si avrà x = 25 pollici e 6 linee circa, valore del diametro dell'albero da cui vuol torsi la domandata trave.

Se si volesse avere in numeri il valor dei due lati GI ed IH della base della trave che dee cavarsi dal circolo KGIH, essendo il diametro GH = 25 pollici e mezzo, $(GI)^2 = 2\,(IH)^2$, e $(GH)^2 = (GI)^2 + (IH)^2$ si potranno dedurre i valori cercati.

Si osservi ora che ogni qualvolta parlato abbiamo del circolo d'un albero, abbiam sempre voluto significare la parte interna dell'albero che non ha nè alburno nè scorza, ma che è dura e di buona consistenza, e che quando si tratta di cavarne una trave si comincia a descrivere col compasso un circolo concentrico all'albero stesso, e il cui raggio termini un poco al di sotto della scorza e che si deve dividere il diametro di questo circolo in tre parti eguali, per descriver la base della trave domandata. Così, trovato il diametro d'un albero dal quale vuol cavarsi una trave, come nella costruzione precedente, bisogna sempre supporre che l'albero abbia un diametro più grande almen di tre pollici di quel che si avrà trovato per riguardo al calo.

Ecco un altro caso ch'io qui porterò a maggiore dilucidazione del già detto.

Data la lunghezza della trave, il lato su cui deve posare, si domanda quale ne sarà la grossezza verticale, perchè portar possa nel suo mezzo un peso dato.

Supporremo che la trave la quale deve servir di modello abbia per base un quadrato di lato a, che la sua lunghezza sia b, il peso che

può sopportare un momento prima di rompersi m, la lunghezza della trave in quistione d, quella che si cerca x, e finalmente n, il peso che dee sopportar questa trave.

Ciò posto si avrà la proporzione

$$m : n :: \frac{a^3}{b} : \frac{cx^2}{d}$$

da cui si cava

$$x = \sqrt[3]{\frac{dna^3}{bcm}}$$

Preso ora per modello un travicello di 3 piedi di lunghezza sopra 6 pollici in quadro, che porta un peso di 64500 libbre, si avrà $a^3 = 216$, $b = 3$, $m = 64500$. Supposto poi che la trave in quistione abbia 24 piedi di lunghezza, che il lato sul quale deve posare sia di 12 pollici, e il peso che può sopportare senza pericolo di rompersi 70000 libbre, bisognerà, per la ragione già detta, raddoppiar questo peso, sicchè avremo anche $d = 24$, $c = 12$, $n = 140000$, e sostituiti in x questi valori si avrà $x = 17$ pollici, 7 linee e 11 punti, per l'altezza verticale della trave.

Se fosse data l'altezza verticale e si volesse trovare la grossezza orizzontale, chiamata x questa grossezza, e l'altra c, e indicato il resto colle medesime lettere, la formola si cangerà in

$$x = \frac{a^3 d n}{b c^2 m}.$$

Finalmente date le dimensioni della riquadratura, volendosi sapere qual debba essere la lunghezza d'una trave per rompersi sotto lo sforzo del peso n, chiamata c l'altezza verticale, f la grossezza orizzontale, e servendoci sempre dello stesso modello avremo ancora

$$m : n :: \frac{a^3}{b} : \frac{c^2 f}{x}, \text{ da cui } x = \frac{b c^2 f m}{n a^3}$$

Siccome di tutte le situazioni che si può dare ad un pezzo di legno, rispetto alla sua lunghezza nessuna ha minor forza di quella posata orizzontalmente, conviene ora esaminar ciò che accade quando lo è obbliquamente.

Se si considera la trave A B (Tav. XI, fig. 111) posta su due appoggi, uno più alto dell'altro, è certo che il peso D sospeso alla metà della sua lunghezza, non agendo secondo una direzione perpendicolare al braccio di leva farà tanto minore sforzo per rompere questa trave, quanto più l'angolo C F G, formato dalla trave colla linea orizzontale F G si avvicinerà ai 90°; che però se l'angolo G F C fosse effettivamente retto, il peso D non produrrebbe più alcun effetto, perchè la sua direziona e quella della leva troverebbersi nella medesima linea. Ma se la trave fosse soltanto inclinata, come qui la supponiamo, allora costruito il rettangolo E F C H, l'azione del peso su la trave orizzontalmente posta, starà a quella del medesimo peso quando la trave è obbliqua come la diagonale E C sta al lato E F, o come il

seno dell' angolo C F E sta al seno dell' angolo F C E; sicchè volendosi che questa trave fosse caricata nella situazione obbliqua come lo dovrebbe essere nell' orizzontale, supponendo che dovesse rompersi nell' uno e nell' altro caso, si vede che se nella situazione orizzontale le bisognerebbe un peso espresso dal lato F E, o dal seno dell' angolo F C E, nella situazione obbliqua il peso dovrebb' essere espresso dalla diagonale E C. Quindi se l' angolo F C E si fa tanto piccolo che le due linee C E e C A si confondono insieme, il che succede quando la trave è perpendicolare all' orizzonte, la linea C E non essendo più determinata, il peso che può portare la trave diventa inesprimibile (45).

Bullet, parlando delle armature di legname nella sua Architettura Pratica, dice che la forza d' una trave di legno inclinata, aumenta in ragione degli angoli formati da questa colla linea orizzontale, e siccome alcuni prendono facilmente le autorità per ragioni, stimo prezzo dell' opera il portar qui parola per parola l' opinione dell' autore citato, per aggiugnervi poi alcune osservazioni che forse non torneranno inopportune.

» Quanto alla grossezza dei legni, ei dice, quelli adoperati alle armature dei tetti non importa che sieno rispetto alla lunghezza grossi quanto quelli adoperati ai tavolati; perchè questi son posti orizzontalmente, e soffrono molto più dei tetti inclinati; nè deve rivocarsi in dubbio che un pezzo di legno che faccia angolo coll' orizzonte non porti un peso maggiore senza confronto, a pari grossezza, d' un altro posto orizzontalmente ».

Tutti son dell' avviso di Bullet, che non sia necessario dar tanta grossezza ai travicelli d' un tetto quanto a quelli d' un tavolato, non solo per rispetto alla vantaggiosa collocazione dei primi, ma ancora perchè quelli del tetto non portano altro peso che la copertura; invece che indipendentemente dai tavolati che sostengono, devono gli altri sopportare il peso di tutti i corpi stranieri dei quali si vorrebbe sopraccaricarli, a norma della diversità dei luoghi in cui sono adoperati. Quanto poi ai legni posti obbliquamente, non vedo con qual fondamento egli dica che un pezzo inclinato sotto un angolo di 45°, porterà un peso che sarà la media aritmetica tra quello che porterebbe se fosse orizzontale o l' altro che sosterrebbe se obliquo; perchè può ben sapersi per le regole precedenti qual peso porterebbe una trave orizzontale, ma non potendo dirsi lo stesso per l'obbliqua, non possono trovarsi termini medj. Nè dirò già che un pezzo posto ad angolo sia capace di portare un peso immenso; so bene che ad una certa altezza potrà piegarsi ed anche rompersi. Ma quando ciò accade non accade mai per cagioni che possano sottoporsi a certe regole, e deve attribuirsi o al peso non collocato a piombo e che spinga obbliquamente, o che il legno non sia proprio perpendicolare, o, ciò che sembra più verisimile ancora, che il filo possa essere obbliquo, e conseguentemente facile a rompersi dal lato più debole. Ma siccome conosciuto il peso che può portare una trave orizzontale è pur conosciuto quello che sopporterà essendo obbliqua, trovasi, giusta quanto abbiam detto, che questa forza non aumenta in ragione dell' apertura degli angoli, ma secondo che il seno totale è maggiore del seno dei complementi degli angoli formati dalla linea orizzontale e dal travicello.

(45) V. le Note del Navier.

Un momento dopo l' autore si esprime in questi termini. » Molto sarebbevi a dire su la grossezza che i legni devono avere rispetto alla loro lunghezza ed al loro uso, quand' anche si supponessero tutti della stessa qualità, il che di rado accade; una tal quistione non può essere sciolta dalle regole della geometria, perchè la cognizione della buona e cattiva qualità del legno appartiene alla fisica. Bisogna dunque appagarsi della esperienza colla quale si possono dare giuste regole per le differenti grossezze delle travi rispetto alla loro lunghezza, supponendo però che il peso non sia eccessivo, come quando si fanno portare parecchi tramezzi e tavolati l' uno su l' altro ad una stessa trave, ciò che molte volte ho veduto, e che bisogna assolutamente evitare. Ecco una tavola, formata sopra dati ottenuti colle sperienze per aver la grossezza delle travi secondo la loro lunghezza di 3 in 3 piedi, dai 12 sino ai 42 piedi, della quale ognuno potrà servirsi, come meglio crederà opportuno a proprio vantaggio.

	Lunghezza delle travi	*Larghezza*	*Altezza*
Una trave di	12 piedi avrà	10 pollici sopra	12 pollici
	15	11	13
	18	12	15
	21	13	16
	24	13 1/2 . . .	18
	27	15	19
	30	16	21
	33	17	22
	36	18	23
	39	19	24
	42	20	25

A tutto buon dritto asserisce che difficilmente si hanno legni della stessa qualità, ma non egualmente che le regole della geometria non possono tornare d' alcun vantaggio per proporzionare la loro grossezza alla loro lunghezza, astrazion fatta dalla differenza della loro forza naturale, giacchè credo non possa giungervisi per altra strada. Imperocchè indipendentemente dalle sperienze qui sopra citate, ne ha insegnato la pratica che ogni trave di una certa lunghezza e grossezza determinate ben corrispose all' uso cui era adoperata, conosciuta e trovata però prima la base che si dovea ad essa assegnare nel caso che si adoperasse molto più lunghe: ed allora la sola pratica basta a giudicare esattamente della grossezza dei legni; per la qual cosa non vorrei che si tenesse conto della tavola data da Bullet non sapendosi il modo col quale fu calcolata (46).

(46) Vedi le Note del Navier.

CAPITOLO QUARTO

Buone e cattive qualità del ferro.

Il grand' uso del ferro nei lavori del genio e dell' artiglieria, fa sì che sia tanto necessario il conoscerlo da credere io indispensabili tutte le osservazioni che condur possono a farne una buona scelta. A tal fine mi sono attenuto a quanto suggerì l' esperienza a coloro che continuamente lavorano nelle ferriere degli arsenali del re; e siccome nessuno, ch' io sappia, trattò meglio questa materia del sig. Félibien nelle sue Memorie d' architettura, mi varrò pure delle istruzioni da lui date.

Per conoscere le qualità del ferro saper bisogna da qual fucina derivi, e le miniere da cui fu tolto; e a proposito delle miniere ecco quanto v'ha di notabile su quelle che somministrano il ferro in Francia.

Il miglior ferro che abbiamo è quello tolto dalle miniere di Berry. Già da molti anni se ne lavora in gran copia all' arsenal della Fère: gli operaj lo trovano di sì buona qualità che non san lodarlo abbastanza. Il ferro di Borgogna è pure bonissimo: questa provincia ne somministra per i vascelli che si costruiscono a Tolone ed a Marsiglia: lo si cava principalmente dalle miniere di Pesmes e di Morambert, perchè molto dolce e facile ad adoperarsi.

Il ferro di Senonge e quello di Vibray, vicino a Monmiral al Mans, è molto stimato, perchè si lavora bene essendo dolce e pieghevole.

Non è molto più apprezzato il ferro di Normandia di quello di Champagne e di Thiérache, perchè fragilissimo e di pessima qualità.

Il ferro di roccia è buono, prestandosi ad ogni sorta di lavoro, al par di quello che viene dalle miniere di Nivernois: quest'ultimo è dolcissimo: adatto alla costruzione di spade e di canne d' archibugi; e somigliantissimo all' acciajo.

Quello che cavasi da Signy-le-Petit è fragile, di grana chiara e grossa: e quindi di cattiva qualità: non si adopera che per palle e bombe.

Il ferro di Spagna è assai dolce, sicchè si lavora a freddo come l' argento.

Alcuni intelligenti son di contrario avviso sul ferro di Svezia ed Allemagna, apprezzato molto dagli uni, niente affatto dagli altri. Per me lo credo bonissimo battuto a rosso con altro ferro per la fabbricazione di strumenti taglienti.

Ho già detto essere il ferro di Berry di bonissima qualità; ma si noti che ve ne ha di due specie; l' un e l' altro si foggia in barre; e tutta la differenza consiste in ciò che l' uno è di ferro battuto, e l' altro si tira come il vetrajo tira il piombo, e si fa quindi sottile e largo come si vuole. Ma quello tirato in questa maniera, è, come più fibroso, d' una

qualità incomparabilmente migliore del battuto. Non vi si scorge quasi granitura, e difficilmente si rompe a freddo; sembra che il cilindro contribuisca moltissimo a dargli una tale proprietà.

Siccome trovasi del ferro buono e cattivo proveniente dalla stessa officina, e talvolta sin anco dalla stessa ferraccia, bisogna per non ingannarsi prenderne in barra; se vi si vedono delle venucce nere longitudinalmente estese, e non vi si trovano screpolature o tagli in traverso, e che questa barra sia malleabile, è segno che il ferro è buono: chè se vi fossero delle crepature e il ferro resistesse al martello, sarà fragile a caldo e potrà lavorarsi difficilmente.

Si conoscerà ancora se il ferro è dolce al colore che presenterà dopo la rottura, perchè, se nero, sarà segno che è buono, e malleabile a freddo ed alla lima; ma in tal modo va soggetto a diventar ceneroso, cioè non lucido dopo la pulitura, principalmente se vi si veggono macchie grigie come cenere, perchè allora difficilmente si pulisce, ed acquista lucentezza, il che non accade a tutte le barre, ma alla maggior parte. Questa sorta di ferro va men soggetta alla ruggine e partecipa un po' della natura del piombo.

Vi sono altre barre il cui ferro rotto si presenta grigio nero e tendente al bianco e molto più duro e resistente del precedente alla piegatura. È adattatissimo ad essere adoperato nei grandi lavori degli edifizj; ma mal si presta alla lima, a cagione di parecchie graniture che possono torsegli difficilmente.

Quel ferro che rotto presenta una granitura mista di bianco, di grigio e di nero, è bene spesso il migliore lavorato alla lima o alla fucina e prende più bella pulitura.

Altre barre hanno una granitura piccola come l' acciaio, ed il ferro di cui sono composte è pieghevole a freddo. Può limarsi difficilmente e si sgretola quando comincia ad esser caldo, sicchè mal può adoperarsi alla fucina o alla lima perchè non si salda facilmente ed alla lima presenta delle graniture. È buono per grossi lavori.

Ve ne sono altri che hanno una granitura grossa e lucida alla frattura come lo stagno di specchio. Questo ferro è di cattiva qualità, rompendosi a freddo ed essendo tenero al fuoco; non può sopportare un gran calora senza bruciarsi, perchè è porosissimo e facile ad essere corroso.

Il ferro che dai Francesi chiamasi *rouverain* si conosce, come abbiam detto, da alcuni tagli trasversali nelle barre. D' ordinario è pieghevole e malleabile a freddo. Se lavorandolo alla fucina manda un odor di zolfo, e battuto scintilla, è segno che è fragile a caldo. Così, quando si fa d'un color cerasa e pallido, rompesi qualche volta tutto attraverso al pezzo. Se si batte e si piega, si sfoglierà tutto longitudinalmente.

Gli operaj e quelli che sono avvezzi a far lavorare, conoscono bene la qualità del ferro lavorandolo alla fucina; perchè se è malleabile si romperà a freddo, se resistente si piegherà.

Siccome accade bene spesso che si abbia necessità di conoscere le diverse specie di ferro, che cavansi dalla fucina, ecco le dimensioni di quelle che si trovano più comunemente presso i commercianti. Non se ne vedono sott' altra forma ammenochè a bella posta foggiati (47).

(47) V. le Note del Navier.

Il ferro piatto ha 9 a 10 piedi di lunghezza, e qualche volta più, sopra due pollici e mezzo di larghezza e 4 linee circa di grossezza; se ne trova anche di 12 a 13 piedi di lunghezza sopra 3 pollici e mezzo a 4 pollici di larghezza.

Il ferro, che dicesi quadrato, è in barre di diverse lunghezze, ed ha dall' 1 a 2 pollici circa in quadrato.

Il *quasi quadrato* ha 9 piedi di lunghezza e 16 a 18 linee in quadro.

Il ferro *cornette* ha 8 a 9 piedi di lunghezza, 3 pollici di larghezza e 4 a 5 linee di grossezza.

Il ferro rotondo ha 7 ad 8 pollici di lunghezza sopra 9 linee di diametro.

Il ferro di *gariglione* è un ferretto che ha solo 8 a 9 linee di grossezza.

Quello detto dai Francesi di *courçon* è lungo per ogni grosso pezzo 2, 3 e 4 piedi.

La latta è in foglie e di diverse larghezze ed altezze.

V' ha inoltre il piccolo ferro che serve per fare le verghette dei vetri ed alcune altre opere.

Nulla dirò del ferro fuso, o che bisogna lavorare apposta alla fucina con macchine, perchè le applicazioni che qui se ne potrebbero fare, sarebbero fuori di luogo (48).

CAPITOLO QUINTO

Porte che si praticano alle città fortificate.

Prima che si fortificassero le piazze, come si usa già da molto tempo, si ponevano in opera mille trovati per guarentire le porte dalle sorprese. Si praticavano a dritta ed a sinistra del passaggio due specie di corridoi o piazze d'armi, munite di merli, che servivano a far passar fra le armi chi, avendo atterrata la prima porta col petardo o col cannone, trovava l'inciampo d'una saracinesca (*a*) o altra barriera, e a fine di batter di filo (*b*) e di rovescio (*c*), si facea talvolta il passaggio in isghembo perchè l'entrata e la sortita non fossero direttamente opposte.

(48) V. le Note del Navier.

(*a*) Saracinesca o Cateratta. È una porta o cancello pensile di legno o di ferro, collocata sull' entrata delle città o fortezze e sostenuta da corde o da catene avvolte ad un subbio, di modo che svolgendo il medesimo, o anche tagliando le corde, la saracinesca cada con impeto, scorrendo dentro due canali laterali, chiamati incastri, incavati nelle spallette della porta. Il suo oggetto è d' impedire lo sforzo del petardo, arrestare cadendo una sorpresa, ed uccidere un numero di nemici chiudendoli fra le due porte. Si chiama anche *rastrello*.

(*b*) Battere per filo *enfiler*. Percuotere coi tiri dell'artiglieria o della moschetteria lungo una fortificazione.

(*c*) Battere di rovescio, *battre de revers*. Arrivare coi tiri alle spalle del nemico, alla gola d' un opera, alla porta di dietro d' un sito occupato dal nemico. I Francesi dicono anche *Battre à dos*.

Ora che la forza delle piazze consiste nelle opere distaccate, si fanno le porte molto più semplici. Non si fa che coprirle con una mezza luna quando son costrutte nel mezzo delle cortine, e difenderne l' ingresso coi fianchi dei bastioni vicini, e per mostrar tutto in breve, veggansi le Tavole XII e XIII, che contengono le piante, gli alzati e le facciate di una porta.

Tav. XII fig. 117. 1. Vestibolo.
2. Passaggio della porta.
3. Corpo di guardia dei soldati.
4. Corpo di guardia dell' ufficiale.
5. Prigione.

Dirò solo che le porte tra i piedritti, devono essere larghe dai 9 a 10 piedi sopra 13 o 14 di altezza, che il passaggio è munito di pilastri di distanza in distanza per portare gli archi doppi della volta, che questi pilastri hanno due piedi e mezzo di larghezza sopra 5 o 4 pollici di sporto, e che si collocano tra essi delle nicchie praticate nella grossezza dei piedritti, che servono a dar luogo ai pedoni, quando il passaggio è ingombrato da qualche traino. Quanto alla grossezza dei piedritti, credo sia inutile il parlarne, poichè se non si è dimenticato quanto si è detto sulla spinta delle terre, e quella delle volte, si potrà di leggieri trovare la grossezza che lor bisogna assegnare, secondo la grandezza e la figura della volta. E avendo pure nel terzo libro additate le precauzioni da prendersi per guarentire le volte delle ingiurie del tempo, non deve ignorarsi quanto far si dovrebbe se una parte del passaggio non fosse coperta da un edifizio esteso da un capo all'altro, come per lo più succede, e come può vedersi nello spaccato della porta a Tav. XII fig. 116, ove notasi che il passaggio dal bastione al disopra della volta non è interamente coperto, non avendosi che due piccoli edificj l' uno in faccia alla città, l'altro alla campagna. Il primo serve per collocarvi l' organo (*a*); l' altro, che è dalla parte della città, è destinato ad alloggiare un capitano delle porte o aiutante maggiore della piazza.

Per invigilare alla sicurezza delle porte si fanno due corpi di guardia, l' uno per l' ufficiale e l' altro per i soldati, e si pratica tra essi un vestibolo, al di sopra del quale è l' edifizio di cui abbiamo parlato. A lato di questi corpi di guardia si fanno due scale in pietra di taglio per salire al bastione.

Il corpo di guardia dell' ufficiale dovendo essere molto più piccolo di quello dei soldati, vi si costruisce a canto una prigione, ed allora la facciata dei due corpi di guardia trovasi della stessa grandezza, il che offre con quella dell' edifizio superiore una decorazione assai bella, come può

(*a*) Organo (orgue). Un cancello mobile, pensile di più travi congiunte solamente dai lati, il quale sta sospeso sulla porta delle fortezze, e si lascia cadere ad un bisogno per impedire l' entrata al nemico. Quest' ordigno si adopera in luogo della vecchia saracinesca, perchè ponendo il nemico al di sotto qualche ostacolo per trattenere l' effetto, se questo ostacolo incontra uno o due travi, non arresta l' altre dal ficcarsi in terra, quando nelle saracinesche tutte d' un pezzo questo svantaggio era inevitabile. Chiamasi anche *Saracinesca Sciolta*.

vedersi sulla Tav. XII ed anche sulla XIV, che comprende ancora un altra porta di città press' a poco simile alla precedente.

Tav. XIV fig. 124. 1. Vestibolo.
2. Passaggio della porta.
3. Corpo di guardia dei soldati.
4. Letto da campo.
5. Corpo di guardia dell' ufficiale.
6. Prigione.
7. Terrapieno del bastione.
fig. 125. 8. Camera degli organi.
fig. 121. Ortografia del corpo di guardia.
fig. 122. 9. Andito.
10. 11. Corpo di guardia dei soldati.
12. Scaldatoio.
13. Corpo di guardia degli ufficiali.
14. Prigione.

Ho pubblicato il disegno di queste due porte, a bella posta per dar qualche esempio del modo con cui trattar bisogna i disegni che rappresentano le piante, i profili e le elevazioni dei progetti o delle riparazioni degli edificj di cui gli Ingegneri sono incaricati, poichè copiando appunto simili pezzi si avvezzano i giovani a farne altri.

Siccome nelle piazze considerevoli v' hanno parecchi posti dalla prima porta sino all' ultima barriera, vi si praticano dei corpi di guardia presso a poco simili a quello della Tav. XIV, di cui basta considerare la pianta e l' alzato per giudicare della distribuzione. Si noti solamente che si è praticato uno scaldatoio all' uso di Germania, che trovasi tra il corpo di guardia dell' ufficiale e quello dei soldati, per riscaldarli ambedue.

Le porte si decorano all' esterno con belle proporzioni d' un ordine architettonico, sulle quali non mi fermerò adesso dovendo parlarne al Libro V. Quella della tavola XII mi piacerebbe assai; ella è grandiosa, quantunque semplice e rustica, ed esige poca spesa. Quella della Tav. XIV non è tanto bella, e la potrebbe convenire in luogo ove non si volesse sfoggiare magnificenza. Se ne possono vedere quattro molto più belle sulle Tavole XV e XVI, che io do per mostrare non essere la decorazione incompatibile colle fortificazioni: esse hanno avuto l' approvazione de' più abili architetti. Forse si crederanno troppo ricche per essere poste alle città fortificate, benchè a Lilla ed a Maubeuge, se ne vedano di magnifiche non meno di queste.

Le porte chiudonsi ordinariamente con un ponte, che può alzarsi od abbassarsi in più modi. Il più antico, e che si usa ancora in parecchi luoghi, si fa con un bilico composto di parecchi pezzi di legno, e principalmente di due leve, alle estremità delle quali sono attaccate delle catene che comunicano il movimento al ponte, come può vedersi nella seconda figura della Tav. XVII. Non se ne fanno più di tal fatta nelle piazze nuove, perchè le leve fan veder da lontano quando il ponte è alzato o abbassato, ed il cannone del nemico può romperle facilmente, e far quindi abbassare il ponte, senza che quei della piazza possano impedirlo. Un altro

difetto nasce dal doversi necessariamente tagliare i più belli ornamenti del frontispizio della porta, onde praticarvi i fossetti per riporvi le leve.

In qualche altro luogo si è adoperato un' altra specie di ponte levatojo, le cui leve non veggonsi all' esterno della piazza, come quello rappresentato a fig. 1 della Tavola stessa, in cui la leva B D, gira sui perni, di modo che la catena A B, essendo da un lato ben ferma al tavolato A del ponte, e dall'altro alla estremità B della leva, tirandosi la catena D E per abbassare il bilico, intanto che l' estremità B descrive l' arco B G, l'estremità A del ponte, descrive l' arco A F.

Questo ponte non mancherebbe di pregio se, per dar posto alle leve, non occorresse uno spazio troppo grande, e che accorcia di molto il passaggio al di sopra della porta, la qual cosa potrebbe impedire il carreggio del cannone e gli altri servigi del bastione. Inoltre non può farsi a volta la parte superiore della porta, a meno che questa volta non sia straordinariamente alta. È però necessario che il passaggio delle porte coprasi a prova di bomba, per prevenir gli inconvenienti che nascer potrebbero in tempo d'assedio, uno solo de' quali sarebbe cagione di immensi disordini.

La fig. 116 della Tav. XII presenta un miglior congegno per chiuder le porte. Alla estremità libera del tavolato mobile v' ha da ciascuna parte una catena che vi è attaccata da un capo e si avvolge coll' altro su due puleggc G ed F, ed è fermata al luogo K della porta H K, sospesa in aria quando il ponte è abbassato, e che si chiude quando il ponte è alzato, girando su i perni. Perchè, mentre il ponte alzandosi descrive un arco di cerchio, la porta si abbassa col tirare la catena K E verso L. Per comprendere ancor meglio un tale artificio, si osservi la fig. 118 e si vedranno chiaramente le carucole M, *m* e la disposizione dei loro dadi. Soggiugnerò che praticasi un foro nella porta, affinchè quando è abbassata si possa andar a chiudere i chiavistelli del bilico.

Essendosi da molto tempo veduto che il ponte levatoio a leva andava soggetto a parecchi inconvenienti, si fanno a bilico come vedesi alla Tav. XIV. Questo ponte è composto di parecchi travicelli che hanno circa 28 piedi di lunghezza. Una parte di questi travicelli essendo coperta di panconi compone col loro insieme il tavolato del ponte mobile, ed il resto serve di contrappeso per dar movimento al ponte col mezzo dei perni che sono alla estremità d' una spranga di ferro, la quale unita con travicelli attraversa tutta la larghezza della porta al luogo della soglia. Questo bilico è nascosto in un cavo, che chiamasi *gabbia del bilico* coperto da un ponte fisso, composto di travi e panconi. Mettendo in movimento questo ponte, il bilico descrive un arco circolare, mentre il tavolato ne descrive un altro. Per discendere nel sotterraneo si fa una scala praticata in uno dei piedritti, come vedesi alla pianta della porta che corrisponde al profilo da cui parliamo.

Presentemente non si usano più i ponti di questa maniera, perchè a ben considerarli sono tanto difettosi quanto gli altri a leva; imperocchè la gabbia oltre la molta spesa indebolisce assai molto il muro di facciata e richieggono poi riparazioni continue e son difficili a maneggiarsi. Un altro inconveniente sta in ciò che la gabbia che deve contenere la leva non può aver luogo che in quelle piazze che hanno il fosso a secco, perchè

se fossero inondate bisognerebbe cha la soglia della porta fosse almeno quindici piedi al di sopra del livallo delle acque più alte, altrimenti penetrerebbe nel sotterraneo, rovinerebbe la muratura, indurrebbe una grande difficoltà oell' alzamento e abbassamento del ponte, soprattutto d'inverno quando gela, e il bilico potrebbe soffrirne danno.

Nel 1708 fu presentato al sig. Pelletier di Sousy un modello di ponte levatojo ingegnosissimo eseguito a Givet nel 1716. Alla fig. 3 della Tavola XVII vedesi che il tavolato B si alza col ministero di due leve di 12 a 13 piedi di lunghezza soprà 10 a 11 pollici di grossezza alla metà, rastremandosi poi sino a 8 e 9 nelle estremità. Sono attraversate nel mezzo da un asse di ferro di circa due pollici in quadro e di 16 a 18 pollici di lunghezza. Le due estremità ehe sporgono oltre la leva sono arrotondate sopra tre a quattro pollici di lunghezza, e giraoo in due dadi posto l'uno nel mezzo del tavolato della porta al punto G, e l'altro fatto in forma di S, passa innanzi la leva, come lo mostra il disegno, ed è attaccato da una caviglia di ferro, a ciascuna delle estremità e commesso a piombo nella parte più sporgeote del tavolato. Queste caviglie soo fatte a vite nella estremità per ricevere un dado, simile a quello che ponesi alle sale delle carrozze, per potere smontar le leve quando han bisogno di essere cambiate.

Le due leve sono unite al tavolato del ponte B ed al bilico H (la fig. 5 mostra il disegno di questo bilico) per due spranghe di ferro arrotondate, ehe movonsi in ciascuna estremità col ministero di occhielli o di doppie cerniere, sicchè tirando la catena I, di mano in mano che il bilico discende e gira su i perni K, il ponte monta sino a tanto che il tutto abbia acquistato una posizione verticale. Quantunque qoesto movimento sia più complicato di quello dei bilichi comuni, non però ha mal riuscito a Givet ed a Toul, ove fu posto in opera. Ma questo ponte, chiamato zig-zag, non è di nuova invenzione, eome si volle far credere a Pelletier; se ne trovano di simili in parecchie città di Germania costruiti lungo tempo dopo, tra gli altri ad Amburgo e a Lubecca (49).

Nuovo ponte levatojo.

Esaminate le diverse specie di ponti inventati per chiudere le porte delle città, ho cercato se ve ne fosse alcuoo più semplice di quelli di cui ho fin qui parlato: perchè non basta, a mio avviso, il descrivere semplicemente le cose già in uso, ma a chi si prende l'assunto di descrivere corre pur l'obbligo di perfezionare.

A ben comprendere il ponte da me immaginato, ecco a quale ragionamento mi sono attenuto. Suppongasi che A B sia una leva senza peso, nel mezzo della quale (Fig. 1 Tav. XIX) pongasi il peso D che si considererà come concentrato nel punto C; suppongasi ehe una delle estremità B possa girare intorno ad un punto fisso e che all'altra estremità A si attacchi una corda che passi su due pulegge E, F, per sopportare un peso G il quale faccia equilibrio con quello della leva: finalmente che sia B E = B A.

(49) Vedi le note del Navier.

Perchè G faccia equilibrio col peso D, bisogna che l'uno stia all'altro in ragion reciproca delle perpendicolari condotte dal punto d'appoggio B sulle linee di direzione C D ed A E; cioè il peso G deve stare al peso D come B C: B I, cioè come il lato d'un quadrato sta alla sua diagonale. Per conseguenza, si potrà all'uopo invece dei pesi G e D prendere le linee B C e B I, che stanno nello stesso rapporto. Ora se si desse ad una leva A B una situazione obliqua K B, è certo che l'equilibrio sarebbe tolto, e che il peso D non agendo più secondo una direzione perpendicolare alla leva K B, non produrrebbe gli stessi sforzi di prima per contrabbilanciare l'azione del peso G. Quest'ultimo discenderà precipitosamente lunghesso la verticale F H, sino a tanto che il peso K sia giunto in E; nè può essere altrimenti, ammenochè il peso G scendendo non incontri ostacoli che diminuiscano l'azione della sua gravità assoluta. Se questi ostacoli fossero prodotti da piani inclinati, le cui diverse inclinazioni fossero proporzionali ai seni degli angoli come M L B, che diventano sempre più piccoli di mano in mano che la leva s'accosta alla verticale, è certo che questi piani inclinati produrrebbero l'equilibrio del peso D col peso G, qualunque fosse la situazione della leva. Ma perciò è necessario che i piani cangino ad ogni momento, e che ciascuno in particolare comprenda uno spazio infinitamente piccolo: da cui nasce che formeran tutti insieme una curva Y S V X; tutto riducesi dunque a sapere come si debba costruir questa curva perchè i due pesi sien sempre in equilibrio, in tutte le situazioni in cui può trovarsi la leva venendo da A in E.

Si noti che quando l'estremità A della leva B A descriverà il quadrante circolare A N E, venendo a toccare il punto E, l'estremità della linea B C, descriverà il quarto di cerchio C Q. Ora giunto il punto A in K ed in N, il peso C sarà giunto in L ed in O, e sarà salito ad un'altezza espressa dalle perpendicolari L M ed O P, che sono i seni degli angoli formati dalla leva e dal raggio A B. Può dunque dirsi che tutti i seni del quarto di cerchio C Q, cominciando dal più piccolo, esprimeranno di seguito il cammino che il peso C farà nel tempo che l'estremità A della leva percorrerà i punti del quarto di cerchio A N E. Ma basta perchè i pesi L e G sieno in equilibrio, nella situazione in cui è la leva K B, che la elevazione M L del primo stia alla discesa verticale Y R del secondo, in ragion reciproca del peso assoluto di questi due gravi; e siccome lo stesso deve accadere in tutte le altre situazioni della leva e del peso G, poichè i lor movimenti dipendono sempre l'uno dall'altro, quando il peso C sarà in O ed il peso G in V, si avrà ancora: G : O : : O P : Y T, e se invece dei pesi C e G si prendono le linee B I e B C, che sono nello stesso rapporto, si potranno conoscere i rapporti di tutti i seni come L M ed O P colle verticali Y R ed Y T. Da un altro lato sarà facile determinare le perpendicolai R S e T V per avere i punti S e V della curva, giacchè la distanza del centro della carrucola F a ciascun punto S e V sarà sempre eguale alla differenza della lunghezza della corda compresa da A sino in G, alle parti K E F ed N E F, che van sempre diminuendo di mano in mano che la leva si accosta alla verticale. Noi abbiam dunque quanto occorre per costruire la curva che sarà geometrica, non impiegando nella sua costruzione se non grandezze di conosciuto rapporto. E siccome questo rapporto delle grandezze è indicato dai seni, mi parve che per dare a

questa curva un nome derivato dalla sua genesi stessa si dovesse chiamar *Sinusoide*.

Costruzione della Sinusoide

Bisogna dividere prima di tutto il quadrante circolare C Q in un gran numero di parti eguali: da ciascun punto di divisione come L ed O abbassare le perpendicolari L M, O P ec. sul semidiametro C B; condurre i raggi B K, B N ec. come pure le rette K E, N E ec. cercar quindi alle rette B C, B I ed al seno L M (che considereremo come il minore di tutti), una quarta proporzionale che si porterà sulla verticale F H, cominciando dal punto Y, che corrisponde immediatamente al disotto del peso G; e supposto che Y R sia eguale alla quarta proporzionale trovata, si innalzerà al punto R la perpendicolare R S indefinita; si cercherà pure alle linee B C, B S ed al seno O P (che supponiamo immediatamente succedere al più piccolo L M) una quarta proporzionale, che si porterà da Y sino in T, e si innalzerà ancora la perpendicolare T V.

Il triangolo C B I essendo rettangolo ed isoscele, sarà cosa facilissima il trovare le quarte proporzionali, di cui abbiamo bisogno; perchè se prendesi ciascun seno come L M od O P pel lato d' un quadrato, la diagonale di questo quadrato sarà quarta proporzionale alle linee B C e B I ed al seno che si avrà preso per lato del quadrato; il che è evidente a motivo dei triangoli simili.

Quando si avranno tutte le perpendicolari come R S, T V ec. si condurrà una linea *d e*, eguale in lunghezza alla corda A E F G; si prenderà in questa linea, cominciando dalla estremità *d*, la parte *d f* eguale alla distanza del centro della puleggia F al peso G, cioè eguale alla parte di corda parallela alla verticale F H, quando la leva A B è orizzontale; si prenderà la differenza della linea K E, che corrisponde al raggio della prima divisione, alla linea A E, e si porterà questa differenza da *f* sino in *h*; allora fatto centro in quello della carucola con intervallo *d h* si descriverà un arco che tagliando la perpendicolare R S, darà il punto S, che è uno di quelli della curva, per mezzo de' quali si avrà l'ordinata S *a* e la sua ascissa Y *a*. Così presa la differenza delle linee N E ed A E per portarla da *f* in *j*, fatto centro in quello della carucola con intervallo *d j* si descriva un arco, che tagli la perpendicolare T V, in un altro punto V che apparterrà alla curva e che darà l' ordinata V *b* e l'ascissa Y *b*. Finalmente giunto in E il punto N tutta la linea A E potrà esser presa per la sua differenza col zero e portandola da F in K, poi coll' intervallo L K si descriverà col solito centro un arco che incontrando la prima perpendicolare H X, darà il punto X, che sarà quello della curva ove va a fermarsi il peso G, quando la leva A B è verticale.

Credo inutile il dire che per disegnare esattamente la curva bisogna prendere i seni vicinissimi l' uno all' altro, per avere un gran numero di punti come S, V, ec. È qui opportuno il notare che la maggior ordinata Z X od Y H della curva è eguale alla perpendicolare B I, cioè al lato del quadrato la cui diagonale sarà lunga come la leva A B: ora siccome la linea Y H sarà maggiore di tutte le quarte proporzionali che bisognerà cercare per costruire la curva, la si sarà solo trovata quando la leva A B

sarà verticale, e siccome allora formerà un angolo retto coll' orizzonte, il seno di quest' angolo sarà eguale al raggio B Q; e si avrà quindi B C : B I :: B Q : Y H, ma siccome in questa proporzione i due antecedenti B C e B Q sono eguali perchè raggi dello stesso cerchio, i due conseguenti B I e Y H saran pure eguali.

E però conoscendo la lunghezza della leva A B, si potrà sempre conoscere a qual punto della verticale F H, andrà a terminare la base H X della sinusoide, quando si sarà determinata la posizione del punto Y, origine della curva.

Si noti ancora che tutto quanto abbiam detto può applicarsi al ponte levatoio, perchè la leva A B può prendersi pel profilo del tavolato che gira attorno ai suoi perni B, e il cui peso è riunito al centro di gravità C; così non si tratterà più che d' eseguire quanto può agevolarne il movimento, il che vedremo nella applicazione seguente.

Applicazione della Sinusoide ai ponti levatoj.

Determinata la larghezza I K della porta (fig. 2) ch'è, come abbiam detto di 9 o 9 piedi e mezzo, bisogna a dritta e a sinistra scostare i piedritti della volta di circa 4 piedi al di là dello spazio I G G I per praticarvi due nicchie in cui collocare i canaletti B F, lungo i quali devono scorrere i pesi che servir debbono a mettere in movimento il ponte, e che noi chiameremo in seguito pesi del bilico.

L'altezza d'uno dei canaletti è rappresentato nel profilo della porta (fig. 3), ove vedesi che la curva F T T non è altro che la sinusoide eseguita in muratura; questo profilo indica pure che il peso del bilico D è attaccato ad una catena che passa su due puleggie B ed A per unirsi alla traversa C del ponte; perchè deve concepirsi che dietro lo spazio I G G I si son praticate delle fessure nel muro per situarvi le puleggie, acciò la catena che deve imprimere il movimento al ponte possa andare e venire liberamente, al qual uopo supponesi che la catena sia rotonda. Si noterà pure che la traversa deve essere più lunga che non sia largo il ponte, perchè le catene che stanno alla sua estremità si trovino dicontro alle puleggie.

Se i pesi del bilico sono in equilibrio col ponte, è certo che, per la proprietà della sinusoide, a qualunque punto si voglia del quadrante circolare C R, il ponte resterà sempre immobile, andando da C in R, senza che i pesi lo trattengano, perchè staranno anche essi immobili al luogo dei canaletti; conseguentemente basterà che si ajutino qualche poco i pesi a vincer l' attrito, perchè il ponte si alzi, senza essere costretti ad adoperare una forza considerevole per far loro descrivere il quadrante circolare C R, il che accadrà con movimento uniforme e senza scuotimenti. Nell' egual modo quando si vorrà abbassarlo, non si avrà che a spingere il tavolato per farlo discendere, e passarvi poi sopra per assicurarlo all' ultimo cavalletto fisso con chiavistelli.

Non essendo io d' avviso che si tocchino i pesi del bilico, per la difficoltà che si avrebbe a pervenirvi, non v' ha mezzo più semplice per obbligar questo peso a discendere, che attaccar due catene al ponte a tre piedi circa al di là della traversa, ciascuna delle quali si accavallerà ad una puleggia situata in mezzo ai tavolati della porta, e innalzati 9 piedi al

di sopra del livello della strada; sicchè, quando si vorrà chiuder la porta, bisognerà che vi sia un uomo che tiri ciascuna catena per alzare il ponte, il cui movimento è tanto naturale che inutile sarebbe il più parlarne. Passerò in vece a parecchi dettagli che è necessario conoscere, per saper trovare i pesi del bilico, la loro grossezza, la grandezza dei canali, e le altre circostanze essenziali all' intelligenza del ponte.

La prima cosa che saper bisogna è che un piede cubico di legno di quercia pesa 60 libbre, e un piede cubico di ferro ne pesa 580: così, esaminando le dimensioni dei pezzi che formar devono l' ossatura del ponte, sarà facile il conoscere quanti piedi cubici di legno entrino in essa, e quindi quanto debba pesare quest'ossatura. Se si fa la traversa più lunga del solito, perchè le catene che devono essere attaccate alle sue estremità si trovino direttamente dicontro alla puleggia, bisognerà darle quattordici piedi di lunghezza e 10 pollici di riquadro, perchè questo pezzo, che ha un grande sforzo da sopportare, quando si mette il ponte in movimento, non corra pericolo di rompersi in progresso di tempo.

I perni si fan sempre di 10 piedi di lunghezza sopra 10 o 12 pollici di grossezza. Vi sono sei travicelli, lunghi 12 piedi, sopra 5 o 6 pollici di grossezza, che servono a portare il palco del ponte, composto di panconi di due pollici di grossezza, e che copre uno spazio di 12 piedi di lunghezza sopra 10 di larghezza. Tutto ciò forma l'ossatura del tavolato, che ascende a 51 piedi, 8 pollici e 4 linee cubiche, che moltiplicate per 60, danno 3102 libbre pel peso dell' ossatura, al quale proposito deve notarsi che avendo la traversa maggior peso che il perno, le estremità del ponte non sono eguali. Le 3102 libbre possono dunque considerarsi come il peso che dee supporsi trasportato alla metà della sua lunghezza. Bisogna dunque vedere a che possa ammontar la differenza che sarà facile a conoscere: perchè la traversa contiene 9 piedi, 8 pollici ed 8 linee cubiche, e i perni 6 piedi, 11 pollici ed 8 linee, quindi la differenza è di 2 piedi e 9 pollici, il cui peso ammonta a 165 libbre. Ora queste 165 stando all' estremità della leva, fan due volte più effetto rispetto al punto d' appoggio che se fossero nel punto di mezzo della stessa leva. Bisogna dunque aumentare le 3102 libbre di 165 ed allora il peso dell' ossatura, riunito al centro di gravità, sarà di 3267 libbre.

Per conservare il tavolato del ponte levatojo lo si copre con spranghe di ferro, di 7 piedi di lunghezza: esse hanno un po' più di due pollici di larghezza, e ve ne entrano per solito 32; e siccome ciascuna vi è attaccata con quattro ramponi, invece di 7 piedi di lunghezza gliene supporremo 7 e mezzo per comprendervi i ramponi. Queste trentadue spranghe faranno dunque insieme 240 piedi di lunghezza, ai quali bisogna ancora aggiungerne altre 6, ciascuna della lunghezza di 6 piedi che pongonsi al di sotto del tavolato per commettere la traversa e il perno coi travicelli per cui fanno in tutto 276 piedi. Il peso d' un piede di questa sorta di spranghe essendo di tre libbre, esse peseranno unite 828 libbre, che sommate col peso dei legnami daranno 4095 libbre, peso totale del ponte riunito al centro di gravità.

Sarà facile adesso il conoscere il peso del bilico: si sa che il peso del ponte sta a quello del bilico, nello stato d' equilibrio, come la diagonale d' un quadrato sta al lato dello stesso quadrato, o come

il seno dell'angolo retto sta a quello del semiretto. Si dirà dunque se 100000 danno 70710, che daranno 4095 libbre, peso del ponte per quello dei pesi? e si troverà 2895 libbre, la cui metà, 1447, sarà il valore di ciascun peso. Ma siccome per aver riguardo all' attrito val meglio farli più pesanti che troppo leggieri, perchè non si possono aumentare, invece che non v'ha alcun inconveniente a sovraccaricare il ponte, se si trovasse al di sotto dell' equilibrio, sarà opportuno per tutte queste considerazioni aumentare ciascun peso di 100 libbre, cioè farli di 1547 libbre invece di 1447. Non ho detto che i pesi del bilico debbano essere cilindrici, perchè si sa bene che può darsi loro la più conveniente figura, onde scorrano facilmente lungo i canali. Trattasi dunque di sapere qual sarà il valore dell' asse di questi cilindri, o quello del diametro della loro base, che è poi lo stesso, supposte queste due linee eguali, perchè i pesi abbiano minor volume.

Sapendo che un piede cubico di ferro pesa 580 libbre, cominciamo dal cercare quale sia il peso del cilindro inscritto in un piede cubico. Si noti, a tal fine, che questi due solidi avendo la medesima altezza, staranno nello stesso rapporto della loro base, quindi come il quadrato del diametro di un circolo sta alla superficie dello stesso circolo, o se vuolsi come 14 : 11. Bisogna dunque dire come 14 sta ad 11, così 580, peso del piede cubico di ferro, sta a quello del cilindro circoscritto, che si troverà di circa 456 libbre.

I cilindri simili stando fra loro nella ragione dei cubi del loro asse, potrà dirsi: se un cilindro di 456 libbre, il cui diametro della base o l'asse sono ciascuno d'un piede, dà 1728 pollici pel cubo del suo asse, quanto darà 1547 libbre, peso di un altro cilindro, simile al precedente pel cubo del suo asse, e si troveranno 5862 pollici, da cui estraendo la radice cubica si avranno 18 pollici, valore dell' asse domandato. Non è dunque difficile trovare i pesi del bilico nella giusta loro proporzione, perchè non si ha che a domandare alle fucine, ove fondesi il ferro, due pesi ciascuno di 1747 libbre, e si darà loro per base un circolo di 18 pollici di diametro e per asse una linea eguale a questo diametro.

Soggiugnerò che a questi pesi deve praticarsi nel mezzo un foro d'un pollice in quadrato, perchè possa passarvi un asse che serve a trattenere la cappa, che deve facilitare il movimento lungo i canali. Questa cappa è rappresentata sulla tavola XIX, fig. 4, ove accompagna il peso indicato colla lettera V. Ho detto che questo asse debbe essere piuttosto quadrato che tondo, perchè sembrami, per diminuire l' attrito, sia cosa più conveniente che l'estremità dell'asse, essendo arrotondate, girino col peso nella cappa, che se il peso girasse intorno all' asse.

I canaletti saranno costruiti in pietra da taglio durissima; la loro lunghezza dev' essere di quattro piedi e mezzo, e la loro larghezza di 18 pollici sopra altrettanti di grossezza; i canali saranno incavati a 6 o 7 pollici di profondità terminati da due lembi di 8 pollici di grossezza, per tenere in luogo i pesi e costringerli a tenere sempre la stessa via.

Nel fondo di ciascun cavetto si mettono due barre di ferro piatte curvate come la sinusoide: su queste basi gireranno i pesi per diminuire l' attrito, che sarà molto meno considerabile che se la superficie dei cilindri toccasse in ogni punto girando; inoltre serviranno ancora queste

spranghe ad impedire che l'attrito logori le pietre; e perchè i pesi non le tocchino in alcun luogo è necessario egualmente applicare delle strisce di ferro contro i lembi dei canali, lungo i quali, i due circoli o basi di ciascuno cilindro, possano scorrere senza mai guastarsi, e basterà che fra l'uno e l'altro vi sia uno spazio di due o tre linee, perchè il peso scorra in esso senza divergere da alcuna parte. Supponendo dunque che le spranghe applicate contro i lembi abbiano ciascuna tre linee di grossezza, ne importeranno 6 per tutt'a due, le quali sommate coll'asse del bilico, cioè con 18 pollici, o se vuolsi con 18 pollici e 4 linee, comprendendovi le quattro linee da assegnarsi per lo scorrimento dei pesi, si avranno 18 pollici e 10 linee, larghezza che i canali devono avere: così qualunque sia il valore dei pesi, di cui si conoscerà l'asse, si saprà al giusto, prese in considerazione tutte queste circostanze, la larghezza in opera da darsi ai cavetti.

Assegnando 18 poll. e 10 linee di larghezza ai cavetti, e 8 poll. di grossezza a ciascun lembo, si avranno 3 piedi in tutto, i quali, presi su la lunghezza di 4 piedi e mezzo o cinque piedi, che devono avere le pietre che servono alla costruzione dei cavetti, resterà un capo d'un piede e mezzo o due piedi, che deve essere commesso colla muratura contro la quale i cavetti saranno praticati; questa precauzione sarà necessaria per render l'opera più solida.

Converrebbe di più aver pietre di due sorte di lunghezza, le une di 5 piedi, l'altre di 5 piedi e mezzo, affine di connetterle alternativamente di 2 piedi a 2 piedi e mezzo.

Quanto alle altre estremità che compariranno all'esterno, bisogna che sien bene murate le une contro le altre e imbragate con spranghe di ferro; notando di situare degli uncinetti di 2 piedi in 2 piedi nelle commessure delle pietre al di sopra dei lembi di ciascun cavetto, perchè quando si debbano fare alcune riparazioni ai cavetti, ai piedi del bilico, alle catene ed alle puleggie, si possa, posando delle tavole su questi uncinetti, dare facilità agli operai di salire e discendere lungo i cavetti.

Per costruire i cavetti in modo che formino una curvatura che sia esattamente quella della sinusoide, bisogna descrivere questa curva in grande e farne due garbi con delle tavole, l'uno dei quali rappresenta la convessità della sinusoide, e l'altro la sua concavità; quest'ultima, è necessaria assolutamente agli operaj per regolarli nel taglio delle pietre, e per aiutarli a metterle in opera nella vera loro situazione.

È necessario che le nicchie sien chiuse con assiti di panconi; basterà solo praticarvi una piccola porta, per entrarvi quando occorrerà: così il passaggio della porta sarà come al solito, senza che nulla vi si veda di quanto è necessario a mettere in movimento il ponte.

Credo aver detto abbastanza per spiegare l'esecuzione del ponte descritto. Lascio agli abili pratici che vorranno valersene l'introdurvi que' cambiamenti che crederanno opportuni. Ma siccome tutto ciò che ha l'aspetto di novità, trova censori che si fanno un piacere di rinvenire per tutto difficoltà anche nelle cose più piane, sappiasi che poco tempo dopo aver io immaginato questo ponte, l'ho fatto eseguire in un castello nei dintorni di Fère, e che mi sono attenuto press'a poco a quanto è stato spiegato.

Si fanno ponti levatoj nelle opere esterne, come mezzelune, opere a corna, ec. per chiudere l'entrata. Si alzano per mezzo dei bilichi a leva,

perchè non essendo necessario di coprir coi frontoni le porte di questa sorta di passaggi non si ha timore di tagliar l' architettura, basta che l'entrata sia ornata di pilastri, come può vedersi nelle tre prime figure della Tav. XVIII, opportunissime quando le opere staccate son rivestite di muratura sino al parapetto. Ma quando non lo sono che a metà, è inutile allora farvi alcun ornamento, e basta far portare il bilico da un telajo che deve esser posto su la sponda di riparo, come l'ho espresso nella quarta e quinta figura della stessa Tavola, che io non mi fermerò a spiegare perchè nulla contengono che sia difficile a concepirsi.

CAPITOLO SESTO

Dei ponti fissi che servono ad agevolar l' ingresso nelle Città fortificate.

I ponti fissi o morti che si costruiscono per passare i fossi delle fortificazioni son sempre in legname; e innalzati su parecchi cavalletti posti sopra pile di muratura A, la cui altezza si determina in ragione della profondità della fossa. Talvolta nei luoghi pantanosi ove si possono costruire pile di muratura senza molta difficoltà e immani spese, basta piantare alcune file di pali di sufficiente larghezza, perchè interrata una parte a rifiuto di maglio, l' altra che resta al di fuori sia tanto alta da ricevere i cappelli che devono essere presso a poco a livello della strada.

Quando non occorra siffatta lunghezza si approfondiscono tante file di pali quante ne possono occorrere rispetto al numero degli spazj tra travi e travi che sostengono il ponte. Questi pali sono agguagliati al livello del fondo del fosso con masochi infissi nei cavalletti. In siffatto modo si è costruito a Saint-Venant nel 1709 il ponte che sta sul gran fosso della porta d' Aire.

Il ponte di cui si tratta Tav XIX, fig. 9 e 10, è composto di parecchi cavalletti e campi di cui non si determina qui la quantità, dipendente dalla lunghezza del fosso, ove dev' essere costruito. Ciascun trave B che non ha bilico, ha ventidue piedi di lunghezza, sopra 10 a 12 di grossezza, quello C che porta i piedi del bilico ha 25 piedi di lunghezza sopra 11 a 12 pollici di grossezza. Su ciascuna delle travi che non hanno bilico stan commesse a maschio e femmina cinque pali D con traverse H terminate da un cappello E. I pali hanno 11 a 12 pollici di grossezza sopra diverse lunghezze a norma dei luoghi nei quali vengono adoperati.

Il cavalletto che porta il bilico del ponte levatojo, è costruito nello stesso modo, se non che vi hanno due pali D di più e i cappelli son lunghi 25 piedi sopra 13 a 14 pollici di grossezza.

Sopra tutti i cappelli E da un cavalletto all' altro vi sono 5 corsi di travicelli F di 11 a 12 pollici di grossezza, ad eguale distanza fra loro, formanti in tutto una larghezza di 14 piedi. Sono coperti di un tavolato

di panconi I, (fig. 5 e 6) di 4 pollici di grossezza, incavigliati sopra ciascun travicello F con una spranga di ferro lunga 8 o 9 pollici.

Su questo stesso tavolato se ne pone un secondo lungo soltanto 8 piedi e grosso 3 pollici, chiamato raddoppiamento, al quale si attaccano talvolta delle spranghe di ferro piatte, e lunghe quanto i panconi.

Non si adoperano nè raddoppiamento nè barre di ferro per conservare i ponti fissi. Si coprono d' un pavimento più alto nel mezzo che alle estremità, per lo scolo delle acque; è certo che questo pavimento rende il ponte di maggiore durata, non essendo necessarie come negli altri frequenti riparazioni.

All' estremità della larghezza del primo tavolato, e sui cappelli E. si commettono a maschio e femmina i pali verticali G, delle sbarre del ponte, di 7 piedi e mezzo di lunghezza, compresi i maschi sopra 8 pollici di grossezza, terminati da una testa arrotondata o a cono, con modanature, come nel disegno. Questi pali son fermati ciascuno con una traversa M di sei piedi di lunghezza, sopra 12 a 16 pollici di grossezza, e son legati insieme da due sbarre L e K, la prima delle quali chiamasi sbarra *d' appoggio*.

Il tavolato del bilico, fig. 10, è composto di due travi perpendicolari N, di 8 trasversali O, d' un cappello P, di quattro legami Q, due traverse R e di due soglie S. I pali N han 14 piedi di lunghezza sopra 13 o 14 pollici di grossezza, sono innalzati a piombo ed incastrati a dente nel cappello E, sul quale son commessi pei quattro travi trasversali O, e contraffissati dagli altri quattro commessi negli orizzontali S. Queste hanno 10 sopra 12 pollici di grossezza, e son diversamente lunghe a seconda dei luoghi ove sono adoperate. Bisogna notar solamente che far devono col cappello e la trave in cui sono commesse un angolo di circa 60°.

Il bilico (fig 12) è composto di due leve T, d' una culatta V, di due traverse X ed Y, l' ultima delle quali chiamasi traversa dei perni, e che al pari della culatta dev' esser commessa nelle leve da un doppio maschio. Si fortifica ordinariamente questa commessura con croci di S. Andrea Z, Z ed altri legami, tanto per la solidità dell' opera quanto per dar peso al bilico, e stabilire un equilibrio press' a poco eguale al ponte levatoio; ho detto press'a poco, perchè il bilico deve essere per lo meno di 200 libbre più leggiero del tavolato.

Le leve hanno 14 a 15 pollici di grossezza alla culatta diventando di 10 a 12 alle estremità. La culatta ha pure 14 a 16 pollici di grossezza e le due altre traverse X ed Y un po' meno, cioè son quasi sempre della grossezza delle leve. Quanto alle croci di S. Andrea, e degli altri legami, sono di 1 o 2 pollici più piccoli, a norma del peso necessario all' equilibrio.

La tavola dei ponti levatoj (fig. 6) è ordinariamente composta d'un pezzo che porta i perni di 10 piedi di lunghezza sopra 10 a 11 pollici di grossezza; d' un altro chiamato traversa del ponte e di 6 travicelli di 12 piedi di lunghezza sopra 5 a 6 pollici di grossezza, coperti di panconi di 2 pollici e cinte di barre di ferro.

Alcuni ingegneri danno alcuni pollici di meno in quadro alla traversa che ha il pezzo dei perni e non danno tanta grossezza alla sommità dei travicelli che corrispondono alla traversa, perchè il centro di gravità del tavolato non

trovandosi nel mezzo della sua lunghezza, ma più vicino al pezzo dei perni, che alla traversa, il bilico sia meno caricato e renda più agevole il movimento del ponte, il che difatto accade.

Si fa alla testa dei ponti morti (fig. 11) una barriera sul penultimo cavalletto, i cui pali sono come quelli del telaio del bilico dei ponti levatoj, commessi sul cappello del cavalletto e formati da due traverse oblique, e da due altre *b*, più quattro altre traverse su l'interno dei pali, simili a quelle dei bilichi O e che non si vedono sul disegno.

La barriera alla traversa estrema è commessa a steccato a due battenti ciascuno composto di cinque o sei aste con spranghe e due traverse, il tutto della medesima altezza come vedesi alla figura 15.

Si fanno delle barriere per chiuder la sortita della strada coperta, al pari che le piazze d'armi poste all'esterno; e alla fig. 15 può qui vedersene l'alzato. Questa barriera ha due battenti che girano sui perni, e son fermati all'alto con cerchi di ferro ai pali che servono a tenerli in sito. Questi pali han 9 piedi e mezzo di lunghezza e 8 sopra 6 pollici di grossezza.

Quando l'acqua del fosso è stagnante, od ha un lento corso, i ponti si possono fare presso a poco simili ai precedenti. Ma se incontrasi una riviera all'entrata della piazza, bisognerà regolarsi in modo diverso, come vedremo.

I ponti morti in legname che servono al passaggio delle riviere son per lo più costruiti come quello rappresentante nella Tav. XX, fig. 5 e 6. Ma in qualunque modo disposta sia la commessura dei legni si fanno tanto alti i ponti quanto la navigazion lo richiede. Circa alla loro larghezza ella dev'essere proporzionale alla grandezza delle strade; si inalzano sovra parecchi pali o si fa in modo che uno dei loro campi sia tanto largo da dar libero passaggio ai più grandi battelli.

Il numero dei pali è determinato dalla larghezza del ponte e si nota che hanno tre piedi circa di distanza per uno al basso, che divergono in alto ad un piede e mezzo o a due piedi; in tal modo formasi una combinazione che resiste agli sforzi dell'acqua più che se i pali fossero perpendicolari.

Quando le pile del ponte son formate da un sol rango di pali, questo ponte non può servire, se non ad attraversare piccoli fiumi; avveguachè per quelli i quali sovrastano a fiumi larghi e di rapida corrente, le pile devono esser fatte di due o tre file di pali ben legati con ascialloni e con contraffissi a due file per tratteneri come nella tavola XXI.

Per lo più queste pile sono difese dalla parte superiore del fiume con palizzate poste ad angolo acuto sulla parte anteriore della pigna che si riveste di tavole all'esterno, dal livello delle acque più basse del fiume a quello della maggior piena, perchè allorquando la corrente seco porta alberi e ghiacci, gli uni e gli altri abbiano minor presa sui pali nè vi si fermino.

Può darsi che volendo piantar dei pali si trovi della roccia nel letto del ponte laddove voleansi interrare. Se inutilmente si cercò di praticarvi degli aggottamenti, sicchè vi restino cinque o sei piedi d'acqua, al certo male procederà la bisogna non essendo possibile che uomini tutti coperti d'acqua possano fare un foro di tre a quattro piedi nella roccia. Per su-

perare tal difficoltà bisogna fare due botti aperte da due parti, l'una delle quali abbia nove piedi di diametro e l'altra cinque, e che queste due botti siano alte due piedi più della profondità dell'acqoa. Posta la maggiore in qoel punto del fiume in cui si vuol tagliare, in modo che la roccia trovisi nel mezzo della botte, se ne approfonderanno le doghe di alcuni pollici nel letto del fiume, e si caricherà la parte superiore della botte, sicchè la corrente non la scuota. Dopo si porrà la minore nel mezzo della maggior botte, riempiendo lo spazio tra l'una e l'altra di creta che si batterà ben bene per fare un buon massiccio. Finalmente si vuoterà l'acqua che troverassi nella piccola botte e vi si introdurrà l'operajo che praticherà il foro proposto (50).

Ma tornando al nostro ponte in legno della tavola XXI credo inutile il diffondermi sulle commessure dei pezzi di cui si compone. Citerò solo le dimensioni di ciascuna; le piante, i profili, gli alzati daranno idea del resto.

Gli ascialloni son di diversa lunghezza, e grossi 8 a 9 pollici.

I cappelli son lunghi ciascuno sei tese, grossi 15 pollici e larghi 16 piedi.

Le travi orizzontali (*semelle*) al di sopra dei cappelli hanno ciascuno 16 piedi di lunghezza e 15 pollici di grossezza.

I sostegni sotto queste travi hanno ciascuno 6 piedi di lunghezza sopra 10 a 12 pollici di grossezza.

I travicelli dei campi del ponte che non trovansi nella gran corrente, hanno sei tese e 4 piedi di lunghezza sopra 14 a 15 pollici di grossezza, e quelle della gran corrente hanno 7 e 4 piedi e mezzo sopra 15 a 16 pollici di grossezza.

Il tavolato del ponte ha cinque tese e 5 piedi di larghezza sopra 3 pollici di grossezza.

Il raddoppiamento del tavolato tra le due banchine ha tre tese di larghezza sopra due pollici di grossezza.

Le soglie delle banchine son larghe quanto il ponte e grosse 10 pollici.

I travicelli delle banchine son lunghi 6 piedi e grossi 8 pollici.

Il tavolato delle banchine ha 6 piedi di larghezza sopra 2 pollici di grossezza.

I pali della balaustrata hanno 6 piedi di lunghezza sopra 10 pollici di grossezza.

I sostegni obliqui hanno 10 piedi di lunghezza sopra 10 pollici per l'estremità e 20 sull'estremità del cappello.

Le gettate banno per ciascuna 20 piedi di lunghezza sopra 8 a 9 pollici di grossezza.

Le balaustre hanno 7 ad 8 pollici di grossezza.

Gli ascialloni son di diversa lunghezza; ed banno 8 a 10 pollici di grossezza.

Si fanno dei ponti mobili per agevolare il passaggio al di sopra delle chiuse o agli altri punti del fiume per dove devono passare i battelli. Non mi era qui proposto di parlare di questa specie di ponti come spettanti particolarmente alla architettura idraulica, pure ne ho fatto parola perchè non inopportunissime al soggetto.

(50) Vedi le Note del Navier.

Dalla pianta del primo ponte, tavola XX, fig. 1 e 2, vedesi che questo è tagliato in due parti eguali, perchè ogni metà possa separarsi e congiungersi girando come su di un perno. Una di queste metà mostra la commessura del suo legname e tutta l'altra è coperta di panconi.

Si osserverà che l'unione delle due metà si fa per archi di cerchio in A A, perchè fermati con chiavistelli l'unione ne sia più solida. Quanto all'elevazione non offre niente di singolare, se non che la balaustrata è di ferro, perchè il ponte riesca più svelto.

L'altro disegno indica un ponte mobile, la cui congiunzione si fa obbliquamente al luogo D. La pianta è press'a poco simile alla precedente; non vi ha alcuna differenza che nell'alzato, ove le balaustrate, anzichè esser di ferro sono di legno e d'una commessura particolare; dalla semplice ispezione di essa rilevasi essersi avuto lo scopo di rendere questo ponte molto più solido dell'altro. E siccome una simile costruzione graviterebbe molto il dado, si è creduto che per sollevarlo si dovessero fare delle girelle all'intorno (fig. 7) perchè il ponte girasse facilmente, e stesse in equilibrio senza pendere più da una parte che dall'altra. Quanto alle dimensioni del ponte della Tavola XIX non ne parlerò perchè sarà facile determinarle da quanto abbiamo detto a proposito dell'altro.

Siccome tutto ciò che può facilitare la comunicazione delle opere appartiene a questo capitolo, credo dover soggiugnere che quando i fossi d'una piazza sono inondati, si costruiscono ponticelli a fior d'acqua, che vanno dalle porte segrete del corpo della piazza alla mezzaluna od a qualche altra opera. Se ne fanno di simili lungo le gole per andare della mezzaluna nella strada coperta, o nelle contragguardie, come può vedersi nella Tavola XXIV, fig. 3. Si praticano però qualche volta delle porte segrete nelle facce, ed in tal caso il ponte che comunica alle altre opere vicine corrisponde alla porta segreta e non alla gola della mezzaluna. In tal modo a Neuf-Brisach, a cagion d'esempio, comunicano le contragguardie nelle tenaglie, passando per le porte segrete situate ne' fianchi.

Quando i fossi sono a secco si fanno delle caponiere (*a*) che assicurano e coprono perfettamente le comunicazioni. Queste non sono altro che un parapetto fatto a pendio a destra ed a sinistra del passaggio praticato nel fondo dei fossi, come può vedersi nella tavola citata.

(*a*) Caponiera (*Caponnière*). Opera difensiva di muro o di terra, e anche di legno, fabbricata nel fondo del fosso per impedirne il passaggio al nemico e per andare dal recinto primario alle opere esteriori. Si fa talvolta coperta come una casamatta, e tal altra senza tetto con due parapetti di terra laterali, i quali ordinariamente vanno a terminare in pendio al fondo del fosso. Ve n'ha di semplici e di doppie. L'etimologia di questa voce si può dedurre dal fine, pel quale fu l'opera inventata, che era quello di coprire il capo di coloro che vi passano o vi stanno alla difesa del fosso.

CAPITOLO SETTIMO

Corpi di guardia in generale, casotti e latrine.

Indipendentemente dai corpi di guardia, di cui abbiamo parlato, per invigilare alla sicurezza delle porte, se ne fanno altri internamente ed esternamente alle piazze. Per esempio, quando le porte son troppo lontane le une dalle altre perchè i corpi di guardia che vi sono possano situar sentinelle a tutti i luoghi del bastione in cui convenga collocarle, se ne costruiscono altri per far la ronda e invigilare quanto succede. Se la città è attraversata da qualche riviera, e vi siano quindi porte d'acqua, se ne costruisce là uno; in una parola, in tutti i luoghi ove si ha qualche ragionevol motivo di stabilirne; come, per esempio, quelli della piazza d'arme e gli altri sparsi nelle grandi città per mantenere il buon ordine, e situar sentinelle alle porte di coloro che han dritto d'averne. Ora siccome questi corpi di guardia non contengono nulla di particolare nella sua costruzione, non citerò altro che quello sulla tavola XIV che potrà servir di modello praticandovi gli opportuni cambiamenti: aggiugnerò solo che costruendo quelli dei bastioni, sarà ben fatto formare dei depositi per munizioni, per poter comodamente somministrarne a que' distaccamenti che escono dalle piazze per iscorte o per qualche spedizione, e non esser costretti ad aprir magazzini, bene spesso per poco. Questi depositi son comodissimi in tempo d'assedio pel servizio del bastione e dell'esterno; è vero però che nella maggior parte delle grandi città munite al di fuori di torri e di ridotti (*a*) vi si trovan dei luoghi adatti per questi depositi; ma io suppongo si tratti d'una piazza nuova ove mancar possano comodi di tal natura.

Credo che sotto il nome di corpi di guardia possano comprendersi i ridotti in muratura che si fanno all'esterno delle piazze, ai luoghi ove è necessario collocar delle porte per custodire una chiusa, un argine, un ponte ec., perchè questi ridotti, a ben considerarli, non sono che corpi di guardia appartati. Quando sono vicini alla piazza, si cambia la guardia ogni giorno con nuove truppe; ma quando ne sono assai lontani, si stabilisce un piccolo alloggiamento, e bisogna allora che sian composti di più piani,

(*a*) Ridotto (*Reduit*). Nome generico che si dà a varie opere di fortificazione, usate tanto negli assedj che in campo, nelle quali riduconsi i combattenti dopo una prima difesa.

Forte di forma varia colla sola difesa di fronte, onde coprire e difendere un corpo di guardia, le linee di circonvallazione e dei rivolti delle trincee (*Redoute*).

Sovente s'alzano ridotti in campagna o per fortificare la fronte ed i fianchi di un campo, o per arrestare le scorrerie o per coprire ed assicurare un ponte, un posto importante il corso d'un fiume. V'ha il ridotto a casa matta *Casamattato* (*Redoute casematée*), il ridotto a dente di sega (*Redoute a cremaillère*).

per l'abitazione necessaria ai soldati ed agli ufficiali, e non potendo quasi essere che stipati in un luogo sì stretto, bisogna far in modo costruendoli di distribuire sì fattamente lo spazio che ne risultino i maggiori possibili comodi; se si può, per esempio, fare un piano sotterraneo, bisognerà praticarvi un magazzino a polvere, un altro per i viveri, una cantina ed una cisterna che riceverà le acque piovane, le quali cadranno sulla piattaforma o sul tetto, per mezzo di gronde; quindi al di sopra del piano sotterraneo, si potrà farne due o tre altri per collocar le truppe, come vedesi dalla Tavola XXII che comprende le piante di due diversi ridotti.

Tav. XXII. fig. 1. *a* Piattaforma.
fig. 2. *a* Stanza dell' ufficiale.
b del comandante.
c Corpo di guardia.
d Cucina.
e Stanza per la gente di servizio.
f Scala.
fig. 4. *a* Cantina.
b Magazzino per i viveri.
c Cisterna.
d Magazzino da polvere.
e Fosso del ridotto.
fig. 5. *a* Stanza dell' ufficiale.
b Gabinetto.
c Stanza del comandante.
d Corpo di guardia.
e Scala.
f Cucina.
g Stanza per la g. di servizio.
fig. 6. *a b c d* Camere dei soldati.
fig. 7 *a* Caditoje.

La prima, seconda e terza figura appartengono a un Ridotto, di cui la 4 figura rappresenta il piano sotterraneo; la prima è il piano della piattaforma, la seconda il pian terreno, la terza lo spaccato del ridotto, la 5, 6 e 7 figura, appartengono ad un altro ridotto, che può contenere un numero maggior di persone.

Questi ridotti son quasi sempre circondati da un bastione che ha il suo fosso, come qui si suppone, per evitare i disegni che sarebbersi dovuto riferire se si fosse trattato di qualche cosa più che un corpo di guardia.

I casotti che si fanno sul bastione sono per lo più situati agli angoli dei baluardi, delle mezze lune, e di altre opere staccate: essi devono essere al livello del bastione, e quando sono in muratura possono farsi rotondi, pentagonali o esagonali: il loro diametro dev'essere all'interno di circa 4 piedi e la loro altezza di 6 all'origine della calotta; bisogna che vi siano praticate quattro o cinque finestrelle aperte, in modo che la sentinella possa agevolmente scoprire il fondo del fosso, la strada coperta e le altre esterne. Le tre prime figure di casotti potran servir di modello,

cambiandone come più si vorrà gli ornamenti; i tre altri disegni son di casotti in legname da costruirsi agli angoli delle opere che non son rivestite: vi si vede la commessura dei pezzi che li compongono ora ad angoli retti, ora acuti, ora ottusi: quanto agli altri casotti che si collocano a piacere, si fanno sempre di figura quadrata, come alle figure 7 ed 8 della Tav. XXIII.

Si fanno qualche volta delle latrine in legname sul bastione, alla metà delle cortine, quando non vi sono porte segrete al di sotto, se no, bisogna guardarsi dal non guastar la sortita: così supponendo che il corpo della piazza sia rivestito, bisogna cominciare dal porre al livello del terrapieno del bastione dei travicelli a 2 piedi e mezzo l'uno dall'altro, che siano lunghi circa 20 piedi, sopra 10 a 12 pollici: questi travicelli devono aggettar di 4 piedi al di là della scarpa del rivestimento; così la loro lunghezza essendo di 20 piedi, e il rivestimento avendo 6 piedi di scarpa, la metà poserà sul bastione, e l'altra metà sarà in pendio per impedire che le fecce non cadano su la muraglia; per mantenerli in luogo vi si attaccheranno con spranghe di ferro dei pali perpendicolari, che saran trattenuti tra la muraglia e le terre del bastione, e per rendere il tavolato più solido, si possono al di sotto del cordone incastrare nella muraglia altre travi perpendicolari, sotto ciascun travicello per sostenere il peso delle latrine; oppure si potrà costruendo il rivestimento, situare al di sotto del luogo ove si devono posare i travicelli delle curvature o mensole di pietra da taglio per posare i sostegni, il che renderà l'opera più solida. Quanto alle commessure del resto del legname basta osservare la Tav. XXXII.

Quando in vicinanza alla caserma vi sia una riviera o un ruscello sarà miglior consiglio il trarne partito per praticarvi delle latrine, che collocarle sul bastione, imperocchè tutto ben considerato, producono all'occhio uno spiacevolissimo effetto; ma, quando non si abbia un tal comodo, vorrei che si costruissero sotto il terrapieno del bastione, o sotto le scale; in tal caso bisogna che lo smaltitojo in cui defluiscono le acque delle contrade riceva le fecce per condurle nel fossato.

CAPITOLO OTTAVO

Distribuzione delle contrade nelle città fortificate.

Quando lo spazio che si vuol fortificare non è occupato da qualche vecchio edifizio, nulla devesi trascurare perchè l'interno della piazza sia il più possibilmente regolare, e per la distribuzione delle vie, delle case civili, dei corpi di guardia, caserme, magazzini da polvere, arsenali cantine, forni ed alloggiamenti dello Stato Maggiore, e perchè tutti questi edifizii corrispondano al resto della piazza, di modo che ciascuno possa soddisfare allo scopo principale; e per meglio giudicare di questa dispo-

sizione, darò per modello la pianta delle contrade di Neuf-Brisach, siccome la più perfetta ch' io mi conosca (Tav. XXIV).

A. Piazza d' armi.
B. Chiesa e Cimitero.
C. Alloggiamento del Curato e V.
D. del Governatore.
E. del Luogotenente del re.
F. del Maggiore.
G. dell' Intendente.
H. del Commissario.
I. dell' Aiutante maggiore e capitan delle porte.
K. Casa di città e prigione.
L. Arsenale.
M. Mercato.
N. Convento.
O. Magazzino di legna.
P. di viveri e foraggi.
Q. Case civili.
R. Padiglioni d' ufficiali.
S. Caserme.
T. Torri bastionate.
X. Sotterranei.
Y. Pozzi della città.
a. Pianta per mostrar le caponiere.
b. Pianta che mostra i piccoli ponti di comunicazione a fior d' acqua.

Quando si può disporre d' una grand' area, bisogna per comodità del pubblico stabilire parecchie piazze. Ma se la cosa andasse al contrario, bisognerebbe almeno farne una al centro e darle una figura quadrata. La sua grandezza dev' essere proporzionale alla cinta, per conseguenza alla quantità delle truppe che veglieranno alla sua difesa. Perchè su questa piazza dovendosi riunire tutta la guernigione pel servigio quotidiano, bisogna ch' ella sia d' un' area conveniente. Son dunque d' avviso che ad una fortificazione di sei bastioni, su la base di 180 tese, si potrà dare alla piazza d' arme 40 a 45 tese in quadrato; a quella di sette bastioni 55 a 60, per una da otto 70 a 75, per quella che ne avrà nove o dieci, 80 a 85; finalmente per quella che ne avrà undici o dodici, 90 a 95. Del resto val meglio affidarsi al buon senno d' un ingegnere anzichè ad una regola particolare.

Si fa ordinariamente una piazzetta d'armi in faccia a ciascuna porta di città, perchè i corpi di guardia che vi sono abbiano dinanzi ad essi una specie di spianata per guarentirsi dalle sorprese interne; inoltre queste piazzette fanno un bell' effetto, e sono assai comode per i cambj quando i traini che vogliono uscire della città incontrano gli altri che entrano dalla parte dei ponti.

Quante alle vie, bisogna che le principali mettan capo nella piazza d' armi per andare sulla stessa linea alle porte della città, ai bastioni, e

principalmente alla cittadella o al ridotto, se ve ne ha. Si danno loro per aolito sei tese di larghezza, perchè tre carri possano passarvi di fronte, ed un terzo carro in mezzo ad altri due, lasciato uno spazio pei pedoni e pei cavalli: per le piccole contrade bastano 3 a 4 tese di larghezza.

La distanza d' una contrada alla aua parallela dev' esser tale, che tra l'una e l'altra vi resti uno spazio di due case civili, di cui l'una guarda su di una strada, l'altra sull' opposta; ciascuna delle case deve comprendere un'area di 5 a 6 tese di facciata sopra 7 ad 8, perchè l'intervallo di una contrada all'altra sia di circa 32 o 33 tese; in questa larghezza può facilmente trovarsi l' estensione da dare alle grandi case che avessero stalle e giardini.

Nelle città ove si trovano vecchie contrade, si lasciano tali quali sono, bastando aolo che si raddrizzino e si allarghino le principali come all'entrate e alle sortite; lo stesso dicasi per rispetto alle piazze d'armi, quando non se ne trovano di abbastanza grandi per l' ordinario servigio.

Indipendentemente dal corpo di guardia della piazza d' arme e di quelli delle porte, se ne fanno ancora sul bastione per avere dei posti da cui invigilare alla aicurezza del corpo di piazza; se ne fanno qualche volta al centro o alle gole dei bastioni quando non vi son cavalieri o magazzini a polvere, oppure si collocano nel mezzo delle cortine, segnatamente quando v' è qualche porta d' acqua a cagione delle riviere.

I magazzini da polvere, dovendo essere più che sia possibile lontani dalle case abitate, non posson meglio collocarsi che nel mezzo dei bastioni.

Siccome l' arsenale è uno degli edifizj militari che deve occupare uno spazio maggiore, difficilmente può atabilirsi ove collocarlo, dipendendo ciò da molte circostanze che scorgere si possono soltanto sopra luogo: ma si avrà cura di staccarlo da ogni altro edifizio e per la sicurezza delle munizioni e per guarentirlo dagli incendii che appiccar si potessero nelle vicinanze. Quando una riviera passa per la città è necessario che l' arsenale non ne sia lontano, per poter formare i convogli per la navigazione; torneremo su tal proposito al Capitolo Nono.

Le caserme si collocano ordinariamente vicino al bastione lungo le cortine; ed è in effetto la situazione che meglio ad esse si addice, perchè vi si possa stabilire uno spazio per far gli esercizj: il soldato è più lontano dal corpo de' cittadini, e si possono fare più segretamente i distaccamenti che devono andare a qualche impresa, mentre in tutt' altro luogo rinvenire non si potrebbero i medesimi vantaggi.

Siccome le cantine ed i forni riguardano la suasistenza della guarnigione, devono collocarsi vicino alle caserme, ed anche nei luoghi ove sia vicino un corpo di guardia per tenere in freno in caso di disordini.

Per l' ospedale è quasi inutile il dire che deve essere posto in luogo appartato, ma vicino soprattutto ad una riviera o ad un ruscello, se pure ne passa per la città.

Quanto agli alloggiamenti dello Stato Maggiore è naturale che debbano corrispondere alla piazza d' armi: quello dei capitani delle porte ai fanno ordinariamente al di sopra delle porte stesse; questi alloggiamenti possono servire per gli aiutanti maggiori della piazza.

Per dire una parola sul collocamento della chiesa, bisogna, quando non v' ha che una parrocchia, come per solito nelle città nuove, che sia innal-

zata sulla piazza, perchè trovandosi nel centro riesca comodo l'andarvi a tutti gli abitanti.

Quanto alla decorazione nulla dee trascurarsi di ciò che può piacere all'occhio, procurando che regni dappertutto un'aria di simmetria che abbellisca l'interno, tanto quanto la forza e la solidità devono render maestose le esterne fortificazioni.

CAPITOLO NONO

Magazzini da polvere ed arsenali per le munizioni da guerra.

Altre volte non costruivansi i magazzini come adesso si usa. Rinchiudevasi la polvere in torri attaccate al corpo della piazza, la qual cosa era origine di gravi inconvenienti; perchè quando il fuoco vi si appiccava, o per infortunio o per tradimento, vi si formava una breccia di cui l'inimico potea valersi, come è accaduto all' Aire al tempo in cui questa piazza apparteneva alla Spagna.

I Francesi che la assediavano, d'accordo con un abitante, trovaron modo di attaccar fuoco alle polveri che stavano nei sotterranei d'un bastione; e fu tanto potente la detonazione da rovesciare una parte del bastione nel fosso ed un cavaliere che occupava il terrapieno, diviso in due monticelli; gli assedianti presentatisi alla controscarpa per montare all'assedio, la guernigione fu costretta ad arrendersi più presto che non avrebbe fatto.

Veduta la convenienza di separare i magazzini dal muro di cinta se ne costruirono di diverse figure; ma non se ne trovarono tanto presto le opportune dimensioni.

Comunemente si facevano come alle fig 1 e 2 della Tav. XXV, ove vedesi che sono coperte da alcune volte a crociera poggiate nel mezzo sopra due o tre pilastri; ma siccome per riunir queste volte sotto gli stessi pendii del tetto, bisogna fare un massiccio considerevole di murazione che gli caricherebbe straordinariamente, si trovò essere consiglio migliore coprirli con una volta sola, che si foggiò primamente a sesto acuto come nelle figure 5 e 6. All'origine della volta si praticava un tavolato per formarvi una specie di granaio da rinchiudervi le polveri che non poteano essere contenute al pian terreno.

M. di Vauban avea in parecchi assedj notato che le volte a sesto acuto erano troppo deboli e che il granaio serviva solo a sopraccaricare i piedritti; e poichè la prudenza non volea che si ammassasse tanta polvere in un luogo stesso, disapprovò assolutamente tutte le costruzioni insino allora usatesi, e ne propose una nuova molto più perfetta, ed è quella che vedesi rappresentata alle fig. 1 e 2 della Tav. XXVI, che fu sempre eseguita con buon successo, quantunque possa ancora maggiormente perfezionarsi, come vedremo in seguito.

Tutti i magazzini che furono costruiti con questo metodo non andarono soggetti sinora a verun inconveniente, anche nelle piazze che furono le più bombardate. A Landaw più di 80 bombe caddero sur un magazzino così fatto, senza che la volta fosse menomamente danneggiata; la stessa cosa accadde ad Ath e in parecchi altri luoghi. Demus, direttore delle fortificazioni, al quale può ben prestarsi fede, m' ha detto che all' ultimo assedio di Tournay, ove egli trovavasi, gli inimici gettarono più di 45000 bombe nella cittadella, o maggior parte delle quali cadde su due magazzini che non ne soffersero, perchè le loro volte erano a tutto sesto, come quelle di Landaw, mentre al contrario i sotterranei colle volte a sesto acuto furono abbattuti alla terza o quarta bomba, quantunque coperti di 5 a 6 piedi di terra, da più di 40 anni.

Oltre alla sperienza la ragione stessa suggerisce di preferire la volta a tutto sesto a quella a sesto acuto e di attenersi al sistema di Vauban. Chi fu di contrario avviso non se ne trovò di più soddisfatto, ma è necessario che qualche infortunio faccia conoscere la necessità di non allontanarsi dalle buone massime per darsi in braccio al caso ed al capriccio.

Il diritto di riformare non si acquista già impunemente, e una lunga pratica accompagnata da una soda teorica può soltanto farlo acquistare.

I magazzini, giusta il modello del Maresciallo di Vauban, si fanno ordinariamente lunghi 10 tese in opera, sopra 25 piedi di larghezza.

Per i fondamenti dalla parte dei lati maggiori si assegnano loro 9 o 10 piedi di grossezza, e la profondità si determina secondo la natura del fondo sul quale si vuol costruire; nè io so credere che questa profondità sia stata determinata a 15 piedi, come ho veduto in un disegno di Vauban, sembrandomi più che sufficienti sette piedi; ma forse tale dimensione era richiesta da qualche circostanza locale particolare.

Su questi fondamenti si innalzano piedritti di 9 piedi di grossezza, quando la murazione non è delle migliori, e di 8 piedi soltanto quando si trova composta di buoni materiali, e non volendovi fabbricare il granaio, basta dar loro otto piedi di altezza al di sopra della risega, sicchè quando il tavolato del magazzino sia elevato al di sopra del pian terreno, quanto basta per ripararlo dall' umidità, restano quasi sei piedi dall' area del tavolato sino alla origine della volta.

La volta si fa di 3 piedi di grossezza alle metà delle reni, ed è composta di quattro volte in mattoni l' una all' altra addossate; l' estradosso dell' ultima termina in pendio, la cui direzione si determina dando 8 piedi di grossezza al di sopra della chiave, il che rende l' angolo della sommità un po' ottuso.

I muri che s' innalzano sino ai pendii del tetto ed anche un po' più, si fanno grossi ciascuno 4 piedi; quanto al fondamento di questi massicci si dà loro cinque piedi di grossezza e tanta profondità quanto a quelli dai lunghi lati.

I piedritti son sostenuti da quattro contrafforti grossi 6 piedi e lunghi 4, distanti 12 piedi l' uno dall' altro.

Negli intervalli tra un contrafforte e l' altro si praticano degli spiragli per dar aria ai magazzini. I quadrati di questi spiragli hanno ordinariamente un piede e mezzo di lato, e il vano praticato all' intorno è di tre pollici di grossezza, e comunica col paramento esterno ed

interno. Questi servono ad impedire che gente mal consigliata possa introdurvi qualche miccia per far saltare il magazzino; e per prevenire di più una tale disgrazia, si propose di chiudere ancor le fessure degli spiragli con alcune lastre pertugiate, perchè se no si potrebbe attaccare alla coda di qualche animale la miccia che si vorrebbe introdurre; cosa certo non impossibile, perchè parecchie volte si trovarono nei magazzini gusci di uova e animaletti portativi dai sorci e dalle faine.

Ben preparata l'arca del magazzino, si fa uno strato di travi di quercia di 8 a 9 pollici di grossezza, distanti un piede e mezzo le une dalle altre, il cui intervallo si riempie di carbone o di frantumi di pietra, poi si ricopre il tutto di due tavolati di panconi, di due pollici di grossezza posati l'uno su l'altro.

Per dar luce al magazzino si fa una finestra in ciascun muro che regge il colmo, chiusa con due battenti di panconi di 2 a 3 pollici di grossezza l'uno all'esterno, l'altro all'interno; quello all'esterno è coperto di latta e si chiude come l'altro con due buoni chiavistelli. Queste finestre son molto alte a scanso d'inconvenienti; si aprono col ministero di una scala, per dar aria al magazzino nei giorni sereni.

Si chiudono i magazzini con due porte di buoni panconi che s'aprono all'interno ed all'esterno; quello all'esterno è coperto di latta e non ha che una serratura, quella all'interno ne ha due, ciascuno con chiave diversa; il governatore o comandante della piazza ne ha una, il luogo-tenente dell'artiglieria l'altra, e il custode del magazzino quella della prima porta. Se si può è meglio che l'ingresso del magazzino guardi dalla parte di mezzogiorno o almeno a levante, perchè sia illuminato dal sole quando si vuol dargli dell'aria.

Perchè nessuno possa avvicinarsi ai magazzini, si fa a 12 piedi di distanza un muro di cinta d'un piede e mezzo di grossezza e 9 a 10 di altezza.

Un magazzino come questo può contenere 94,800 libbre di polvere ammucchiate in tre barili soltanto, perchè allorquando ve ne sono quattro o cinque, i primi trovandosi troppo carichi, i cerchi e le doghe si scommettono, e la polvere si perde, il che può esser cagione di gravi inconvenienti.

Le dimensioni precedenti pajono sì ben concepite che non credo se ne potessero scegliere di migliori; sapendosi di certo che la volta è assolutamente a prova di bomba, e che la grossezza dei lati maggiori è perfettamente determinata facendola di otto piedi. Cercato quanto dovrebbe averne per sostenere in equilibrio la spinta della volta, ho trovato 7 piedi e 8 pollici circa: ed ecco una occasione in cui la pratica sembra aver prevenuto la teorica.

Anche le cose le più perfette ammettendo miglioramenti vorrei per maggiore solidità cambiar la disposizione dei contrafforti del magazzino di Vauban, per esempio, invece di farli di 6 piedi di grossezza e 4 di lunghezza, dar loro 6 piedi di coda e 4 di grossezza perchè allora divenendo più lungo il braccio di leva, la potenza resistente reggerebbe di più alla spinta della volta. E siccome non son mai troppi i punti d'appoggio, sarebbe meglio invece di quattro contrafforti farne cinque da ciascun lato, ed in tal caso basterà dar 6 piedi o 6 piedi e mezzo di grossezza ai piedritti, perchè questi contrafforti, per tal modo distribuiti, produrrebbero

una resistenza maggiore d' un terzo di quella che basterebbe a sopportar lo sforzo della volta.

I piedritti e i contrafforti essendo poco alti, e ben uniti coi loro fondamenti, può considerarsi il punto d' appoggio come situato sotto l'estremità dei fondamenti della coda dei contrafforti, e non al pian terreno, come abbiam supposto nel Secondo Libro. Per la qual cosa per allungare di più il braccio di leva vorrei che si desse maggior base ai fondamenti, facendoli escir in fuori di due piedi, due piedi e mezzo al di là del nudo del muro e prolungandoli al pian terreno con parecchi risalti, come vedesi alla 5.ª figura della Tav. XXVI, ove si noterà che per assicurare i punti d' appoggio si sono stabiliti sopra due file di panconi. Nè si farà male a porli sotto il fondamento dei lati maggiori, per prevenire l' ineguaglianza degli assettamenti; questa costruzione sarà eccellente soprattutto in un cattivo terreno, perchè basterà approfondirvisi di 5 a 6 piedi; e posso accertare che la spesa non sarà considerabile tanto quanto se si assegnassero, come comunemente si usa, 8 o 9 piedi di grossezza ai lati maggiori.

La cagion principale che rende umidissimi questi tavolati dei magazzini, e fa sì che si infracidiscano a capo ad un certo tempo proviene dall' uso di posare delle travi orizzontali sul terreno e riempirne l' intervallo di frantumi di pietra e di carbone. L' aria non potendo circolare sotto i tavolati, i panconi infracidiscono. Ora per prevenire questo inconveniente vorrei che si facesse l'ultimo risalto interno di circa un piede più alto della soglia del circuito esterno del magazzino, e gli si desse 5 o 6 pollici di larghezza, per traversar quindi tutta la lunghezza del magazzino, con tre dadi di muratura, egualmente distanti gli uni dagli altri, aventi un piede d' altezza sopra altrettanti di grossezza, e basati su tre o quattro file di mattoni posti a piatto.

Ben condotta questa muratura sino all' altezza della risega interna, e datole il tempo di seccare, bisogna attraversarla con correnti che andranno a terminare su le riseghe dei lunghi lati, osservando di situarli a 2 piedi di distanza da mezzo a mezzo; e perchè la muratura non li guasti, sarà ben fatto di mettere tra l' un corrente e l' altro dei cuscinetti di panconi d' un pollice e mezzo o due di grossezza.

Diligentemente collocate queste travi, si poserà il primo e il secondo tavolato come al solito, ben incavigliato, e siccome lo spazio tra i travicelli, come pure l' intervallo dei dadi sui quali saran posati non sarà riempiuto d' alcuna materia, bisognerà perchè l' aria possa circolare, praticare nel tavolato medesimo, lungo ciascun muro più alto, dei fori o spiragli d' un piede quadrato, sicchè se ne trovino due all' estremità di ciascuno spazio vuoto.

Per avere una perfetta intelligenza di quanto abbiam detto, si considererà la pianta ed il profilo rappresentati dalle figure 5 e 6 della tavola XXVI, in cui si vedrà che il tavolato del magazzino è diviso in due parti: l'una fa vedere la disposizione dei dadi di muratura e dei correnti, e l' altro, in qual senso questi correnti son ricoperti dai panconi; così non mi fermerò più oltre.

Componendo questo capitolo ho procurato risolvere una difficoltà che si è più volte affacciata alla mia mente; determinare cioè la grossezza della volta dei magazzini, quella dei sotterranei e d' ogni altro edifizio

militare, secondo la sua diversa grandezza, perchè resista egualmente all'urto delle bombe. Sappiamo, è vero, che una volta a tutto sesto di 25 piedi di larghezza a 3 piedi di grossezza nella metà dei reni, è perfettamente a prova di bomba; ma ignoriamo qual dimensione debba darsi a quella che avrebbe più o meno di larghezza; non essendovi alcun dubbio che bisogna stabilirne la grossezza a proporzione, ed è ciò che potrà farsi colla regola seguente:

Volendo costruire un magazzino di 36 piedi di larghezza, coperto da una volta a tutto sesto, si domanda la grossezza che le si dovrà assegnare nel mezzo delle reni perchè riesca a prova di bomba: bisognerà dire: *se il diametro di 25 piedi dà 9 pel quadrato della grossezza della volta, che è a prova, che cosa darà 36 piedi, diametro d'un' altra volta, pel quadrato della sua grossezza, perchè sia pure a prova?* E si troveranno circa 13 piedi, la cui radice quadrata è 3 piedi, 7 pollici e 2 linee, grossezza che si domanda: e così delle altre.

Se si fa attenzione che il principio da noi ammesso, al proposito della resistenza dei legni, nel secondo capitolo di questo Quarto Libro, può applicarsi a quello delle volte, si vedrà di leggieri la dimostrazione di questa regola; per la qual cosa non mi vi tratterrò per non fare una troppo lunga digressione. Dirò soltanto che potrà nello stesso modo trovarsi la lunghezza dei cunei per gli archi dei ponti, di quella grandezza che più si vorrà.

Quando si costruiscono magazzini in luoghi alti, e che si possono praticare al di sotto del pian terreno dei sotterranei per racchiudervi le munizioni di guerra e da bocca, si darà loro la disposizione che vedesi nella terza e quarta figura della tavola XXV, ove si noterà che il sotterraneo è coperto da parecchie volte a crociera, per evitare l'altezza che bisognerebbe dargli se si volesse procedere altrimenti: si noterà pure che i contrafforti si trovano dicontro alle pile che sostengono le volte nel mezzo dei sotterranei, perchè in tal modo sopportano tutta l'azione della spinta, che in questa sorta di volte riesce là dove s'incontrano gli spigoli o le diagonali. Siccome queste volte son guarentite dallo sforzo principal della bomba da quella che copre il magazzino superiore, basta dar loro due piedi di grossezza al luogo della chiave per essere perfettamente alla prova.

Si discende nel sotterraneo per una scala che vedesi segnata sulla pianta, e nel muro che corrisponde alla rampa si pratica uno spiraglio o piccola finestra per darle aria. Si potrebbe nello stesso modo fare degli spiragli fra i contrafforti per renderla meno umida; ma bisognerebbero che foggiati fossero in modo da non cagionare alcun inconveniente.

Siccome il pian terreno non è altro che un magazzino comune che non comprende niente di particolare, non mi fermerò che alle dimensioni, che bisogna dare ai piedritti, avendo detto abbastanza a tale proposito nel Secondo Libro.

In parecchie nostre piazze si vedono degli edifizj eseguiti come il precedente; se ne trovano anche di più considerevoli, come vedesi alla fig. 3 della tavola XXVI, che appartiene ad un arsenale composto di quattro piani; il primo è un sotterraneo coperto da due volte a tutto sesto che s'appoggiano mutuamente sul muro di tramezzo, che divide il sotterraneo

in due in tutta la sua lunghezza: vi si scorgono delle porte di distanza in distanza per passare da un sotterraneo all'altro, il che non ho potuto esprimere sulla pianta non avendone portato che un pezzo sulla fig. 4, perchè occorrerebbe troppo spazio per farlo vedere tutto intero; ma una tal pianta è sì semplice, che potrà facilmente comprendersi il resto. Inoltre la lunghezza è in certo modo determinata, poichè dipende dalla piazza ove si vorrà costruire un edificio come questo, dalla spesa che si vorrà fare o dal bisogno d'averla più o meno grande. Soggiugnerò soltanto che conviene discendere in questa sorta di sotterranei per una rampa larga e comoda, come si fa nelle scuderie praticate nelle cantine, anzichè per una scala, per poter manovrare più facilmente, quando trattasi di introdur munizioni da guerra e da bocca.

Questo sotterraneo supponendosi scavato nella roccia, si è presa cagione di mostrare come si possa in parecchi casi tralasciare di fare i muri tanto grossi in alto quanto al basso, appoggiandoli contro la roccia, che deve far parte della grossezza che bisognerebbe assegnargli in tutt'altro terreno, poichè basta di tagliarlo per risalti e di attenersi a quanto si è insegnato nel quarto libro, ove si fa menzione dei fondamenti in quel modo stabiliti.

Il secondo piano, che è il terreno, è press'a poco simile al precedente, avendo pure le volte a tutto sesto a prova di bomba, il che può essere di gran vantaggio nelle piccole fortezze in iscarpa, e che sono più sottoposte ad essere inquietate dalla bomba che dal cannone.

Il terzo piano può servire per preparare le munizioni da guerra, e la quarta di sala d'arme. Credo pure che l'arsenale di Charlemont sia presso a poco costrutto giusta lo spiegato disegno. Poichè siamo al proposito degli arsenali, sarà opportuno il trattare più ampiamente un tale soggetto rispetto alla importanza delle piazze ove si costruiscono ed a parecchie circostanze che è necessario lo spiegare.

Non v'ha città fortificata ove non occorra un arsenale; la sua grandezza e la sua distribuzione devono essere regolate a norma dell'importanza dei luoghi, e dei lavori che si possono fare. Per esempio alle cittadelle ed alle altre piccole fortezze, basta d'averne di una grandezza mediocre per contenere le munizioni destinate alla difesa; in vece che in una città di frontiera considerevole, ne occorre uno grande per formarvi degli equipaggi di campagna, che comprendono tutti i luoghi necessarj a eseguire i lavori proprj dell'artiglieria.

Bisogna che un arsenale considerabile edificato, sia, se si può, nella vicinanza d'un fiume navigabile, e che un braccio di questo fiume riesca in un bacino nel recinto dell'arsenale medesimo, perchè vi si possano caricare tre o quattro battelli alla volta, senza che gli abitanti possono essere istruiti della quantità delle munizioni di cui il convoglio è composto, e della loro qualità.

Il corpo proprio dell'arsenale conservar dovendo le principali munizioni dev'essere costruito nella estensione della gran corte, circondata d'edificj. Questo corpo deve pur avere la sua corte particolare, circondati da locali separati per le diverse specie di munizioni. Per esempio, se v'ha una fonderia nella piazza, si sceglierà un locale per i metalli, un altro per il ferro, un altro per il carbone, un altro per i piombi, granate, per le palle, cartucce, pietre da fucile ed altre munizioni pe-

santi. Si riserberà uno spazio vicino all'una delle porte per mettervi delle rastrelliere per le armi, dei pezzi di cui si può avere bisogno, alcuni cordaggi, gli istromenti il cui uso è frequente; e va bene che i metalli, il ferro ed il carbone non sieno lontani da questo locale.

Il primo piano del gran corpo dell'arsenale, deve avere il suo tavolato fatto a volta sui travicelli, e servirà per le sale d'armi, nelle quali sarebbe a proposito avere degli armadii, per chiudere parecchie piccole munizioni soggette a guastarsi.

Il secondo servirà a metter le armi dei pezzi di riserbo, misure, cordaggi, leve, conii di mira, capitelli, piramidi di bombe e granate, manichi di stromenti e quantità d'altre cose, il cui peso non è punto considerevole.

Il granajo al di sotto potrà servire di scarico a quanto vi sarà di soverchio nel piano superiore. Vi si situeranno le munizioni leggiere, come gli arnesi dei cavalli d'artiglieria, ceste e panieri ecc.

L'anticorte comprenderà gli alloggiamenti degli ufficiali d'artiglieria, come pure quegli degli operaj: questi alloggiamenti dovranno essere a due piani, distribuiti secondo le comodità che vi si potranno praticare, notando che vi siano finestre che guardino sulle strade vicine dell'arsenale. Per i locali si possono distribuire in modo che vi si pratichino delle botteghe da armaiuolo, falegname, fabbricatore di carri; infine per tutti i carri, perchè si suppone che nel pian terreno del gran corpo dell'arsenale si mettano tutti i legnami.

Ma per avere idea delle diverse cose che convengono ad un arsenale, noi dobbiamo considerare il disegno di uno fra i più magnifici di tutti quelli che furono edificati nelle piazze del re; per la qual cosa ho voluto piuttosto darne un esempio che farne uno a mio capriccio, cioè che abbia rapporto a quanto ho detto, ed ho scelto quello di Monreal portato sulla Tav. XXX fig. 3 e 6.

1. Pianta del pian terreno dell'arsenale.
2. Magazzino per gli artefici.
3. Bottega del falegname in minuto.
4. Bottega da tornitore.
5. Fucine.
6. Rimesse da carri.
7. Alloggiamento degli ufficiali d'artiglieria.

Si fanno ancora degli arsenali formati da una gran corte all'intorno della quale vi sono delle arcate attissime a mettere al coperto tutti i legni proprj dell'artiglieria, i fusti ed i carri necessarj al cannone, e al di sopra di queste arcate vi sono le sale d'armi e le altre ove rinchiudonsi le munizioni; tale è per esempio l'arsenale della Fére.

Mi resta per terminare questo Capitolo a far parola della fonderia di cannoni, di cui darò una idea soltanto. Basterà gettare gli occhi sulla Tav. XXVII, ove ho segnato tutti i luoghi necessarj ad una fonderia.

1. Scala.
2. Porta del calore.
3. Gran fornello di 70000 t.
4. Comunicazione ai due fuochi sotto volta.
5. Mezzo forno di 25000 t.
6. Condotto sotto volta.
7. Piccolo forno di 10000 t.
8. Archi.
9. Piccolo trapano da cannoni.
10. Locale per fare le anime del cannone.
11. Locale per la raffineria.
12. Locale per gli Incisori, Intagliatori ecc.
13 e 17. Rimesse e Scuderia.
14. Pozzo.
15. Appartamento pel generale.
16. Appartamento pel fonditore.
17. Rimessa e Scuderia.
19. Luogo per la sabbia.
20. Luogo per l'argilla.
21. Fucina.
22. Mole dei pezzi { *a* di 24. / *b* di 12 e di 16. / *c* — — }
23. Mole di pezzi { *d* di 4. / *e* di 8. }
bis 23. Mulino da tagliare i pezzi di cannone.
24. Mortajo.
25. Gran trapano per i cannoni.
C D E F G spaccato su la linea A B.

Questo disegno è stato progettato per la Fére, ma non fu eseguito, a cagione degli ostacoli trovati dalla parte del terreno: ciò che v' ha di più considerevole in questo edifizio, sono i fornelli ed i fossi nei quali si cola il metallo fuso per la fabbrica del cannone, e siccome bisogna che le fosse abbiano una certa profondità, si è trovato la Fére essere un luogo troppo acquitrinoso: ciò per altro non toglie che questo progetto non sia bene immaginato e non possa con buon successo eseguirsi altrove.

CAPITOLO DECIMO

Caserme, Ospedale, Prigioni e Case Civili.

Per mantener l'ordine e la disciplina nella guernigion delle piazze, si fanno caserme per alloggiare le truppe, e furono di tanto giovamento che se ne stabilirono pressochè da per tutto. Difatto insegna l'esperienza che le guernigioni con caserma sono molto più tranquille a cagione della comodità che hanno i bassi ufficiali di far l'appello tutte le sere; il che non può esattamente praticarsi quando il soldato è disperso tra i cittadini ed ha la libertà di escire ad ogni ora di notte; altro inconveniente si è che un governatore od un comandante della piazza, non può in tempo di guerra far uscire un corpo di truppe od eseguire il menomo movimento senza che tutta la città lo sappia. Se si dà l'allarme, la guernigione si unisce a stento e lentamente invece che nelle caserme si possono eseguire in un momento tutte le disposizioni che il servigio del re può richiedere.

Le caserme possono distribuirsi in più modi a norma della differenza del luogo che loro è destinato. Quando si ha uno spazio tanto esteso da fare una gran corte circondata da edifizj, saranno comodissime, perchè si chiudono da sè stesse, e le camere essendo più strette, si possono in minor tempo eseguire gli ordini, che il governatore od il comandante delle truppe credesse opportuno il dare.

Questa disposizione di caserma conviene soprattutto alla cavalleria, la quale ha bisogno d'una corte pel servigio giornaliero dei cavalli; allora si fanno le camere al di sopra delle stalle, ed un corridoio per comunicare dall'una all'altra; si collocano delle scale di distanza in distanza; ma occupano uno spazio soverchio, e non avendo che un corridoio, due o tre scale bastano: è vero che con ciò diventano un po' scure le camere del primo piano, come notasi agli alloggiamenti di cavalleria che sono nella maggior parte delle città delle Fiandre.

Quando le caserme s'innalzano lungo il bastione verso le cortine (come ha fatto Vauban in molti luoghi) sono composte d'un gran corpo di fabbrica per alloggiare i soldati, alle estremità del quale vi sono dei padiglioni per alloggiar gli ufficiali; questi alloggiamenti son quasi sempre a due o tre piani, non compreso il pian terreno.

In ciascun corpo di caserma doppio si fanno quattro camere a ciascun piano, due delle quali corrisponderanno alla scala che sta dalla loro parte e le altre due alla loro; ciascuna camera deve avere 22 piedi di lunghezza sopra 18 di profondità per collocar quattro letti; quelle del piano terreno devono essere innalzate di 12 piedi, quelle del primo piano di 10, e quelle in soffitto di 8; le loro porte larghe 3 piedi sopra 6 di altezza, ed i muri di facciata 2 piedi di grossezza almeno, con un

cordone al luogo del primo soffitto ed una fascia ornata di modanatura per servir di corona al di sopra del secondo piano; nello stesso modo che vedesi sulla tav. XXVIII, dalla semplice ispezion della quale si può rilevare ciò che rappresenta.

Tav. XXVIII. fig. 1 e 2. Facciata di case civili dal lato della contrada.
fig. 4, 5 e 8. Spaccati e piante delle caserme e d'un padiglione d'ufficiale.
fig. 6. Case civili.
1. Corte.
2. Fondaco.
3. Fucina.
4. Bottega.
fig. 7. Volte su travicelli.

Quando si vogliono fare soffitti a volta sui travicelli si tagliano questi travicelli in 5 parti di 12 pollici di facciata ciascuno, posti alla distanza di 18 a 20 pollici gli uni dagli altri; devono essere posati sopra travi di 4 ed 8 pollici di grossezza, incastrati nei grossi muri ove devono entrare per circa 12 a 15 pollici; si rivestono di piccoli panconi di quercia o di abete di 2 a 3 pollici di grossezza, posti in malta di terra grassa per impedire che la calce non consumi i legni.

Sullo spazio fra i travicelli si fanno vôlte di mattoni in coltello, ben unite ed in malta di calce e sabbia; si posa in malta di terra grassa la prima fila di mattoni che tocca il fianco di questi travicelli; si agguaglia bene il di sopra della vôlta, e si puliscono soltanto le commessure dopo che su l' estensione di ciascuna camera si fa un pavimento di mattoni posati a piatto a malta fina. Un tal metodo ora è in disuso.

I cammini devono essere larghi 5 pied. ed alti 4, e i loro tubi larghi 3 piedi sopra 8 pollici; quanto alla loro altezza, questa non deve superare la sommità del tetto di 3 o 4 piedi per evitare il fumo; quantunque non si usi far dei cammini senza pilastri, pure siccome l' esperienza fa vedere la facilità con cui giornalmente si distruggono, val meglio sostenere la cappa con doppie mensole in pietra da taglio senza piedritti.

Le porte saran sospese sopra gangheri posti in luogo all' atto della costruzione, e la coda di questi ganglieri sarà scolpita nella parte superiore delle pietre da taglio ove dovrà esser posta.

La gabbia della scala dev' essere di sette ad otto piedi di larghezza divisa in due da un muro che sostiene le rampe; i gradini si fanno d' un piede di giro sopra cinque e sei pollici di altezza, e si fanno due ripiani l' uno al ritorno della metà della rampa e l' altro a ciascun piano per comunicare da una camera all' altra. Supposto che in ciascuna camera vi siano quattro letti vi si potranno collocare dodici soldati, cioè otto nella camera e quattro di guardia: così nelle quattro camere del piano terreno si alloggieranno quarantotto uomini e in un corpo che compone le dodici camere che accompagnano le scale se ne potranno alloggiare cento quarantaquattro.

Il pian terreno delle caserme di cui parliamo è principalmente destinato a servir di scuderia quando queste caserme saranno occupate dalla cavalleria,

per la qual cosa non vi son praticate finestre, nè vi si è data altra luce che quella che può intromettervi la parte superior delle porte come vedasi nell'alzato Tav. XXVIII, fig. 3, ragion per cui queste camere non sarebbero comodissime per l'infanteria; ma non ho voluto farvi alcun cambiamento perchè ne vedremo delle altre alle quali non può notarsi questo difetto. Per distribuire l'alloggiamento degli ufficiali che son nei padiglioni bisogna fare due scale che passano per la metà con un corridojo largo sei piedi che attraversa nell'altro senso, sicchè ciascun piano d'un padiglione trovisi diviso in quattro appartamenti che devono essere composti in una camera per due ufficiali di 18 sopra a 16 piedi di lunghezza e d'una cucina o guardaroba per i servitori di 16 sopra a 14 piedi, e si farà in modo che le latrine riescano a capo di ciascun corridojo contra il muro delle caserme.

Ogni appartamento dev'essere occupato da un ufficiale in tempo di pace, e di due o più in tempo di guerra quando la guarnigione è rinforzata, sicchè dodici ufficiali possono alloggiare in un padiglione in tempo di pace e ventiquattro in tempo di guerra; ma per fissare la quantità degli alloggiamenti necessarj alla guarnigione nel tempo in cui sarà la più forte si potrà presso a poco attenersi alla massima di Vauban, che è di supporre cinquecento pedoni per bastione o altre opere di piazze equivalenti, e duecento cavalli, il che forma dieci compagnie d'infanteria e quattro di cavalleria; ciascuna compagnia di infanteria avrà tre officiali, e quelle di cavalleria due; si conoscerà per tal modo il numero dei padiglioni occorrenti pel loro alloggiamento come pure quello degli alloggiamenti delle caserme per i soldati.

Le caserme che vedonsi sulla tavola XXIX son state fatte a Béthune nel 1728; son desse le più belle che io conosca: siccome son destinate per la cavalleria, vedesi che il pian terreno comprende le scuderie di assai bella grandezza e ben illuminata ciascuna da due finestre: queste scuderie sono coperte di una vòlta ribassata, al di sopra della quale vi sono tre piani doppi per i cavalieri. Unito allo stesso corpo delle caserme è un padiglione per gli ufficiali, la cui distribuzione è bastantemente dettagliata colle piante, coi profili e cogli alzati, per averne una perfetta intelligenza, senza che vi sia bisogno ch'io mi fermi di più; inoltre siccome ne ho riportata la stima nel Sesto Libro, come mi è stata data dal sig. Darteze, allora ingegnere in capo di questa piazza si potrà se si vuole, avervi ricorso.

Tav. XXIX, fig. 1. Pianta del Pianterreno.
1. Scuderia.
2. Cisterne.
fig. 2. Pianta del primo piano.
1. Camere.
fig. 3. Facciata del Padiglione.
fig. 4. Spaccato delle caserme sulla linea A B.
fig. 5. del Padiglione sulla linea C D.

Un edificio necessarissimo in una città fortificata è un ospedale per gli ammalati della guarnigione, segnatamente per i feriti in tempo d'assedio; la sua grandezza deve essere regolata sulla quantità degli ammalati che si avrà nella più forte guarnigione, e siccome noi supponiamo una città nuova

si potrà calcolarne il numero su quelli delle città vicine, il che si farà ancora colle norme dell'esperienza, la quale dimostra che di 25 uomini incirca se n'ha uno ammalato: bisogna per altro far attenzione che nei luoghi umidi le malattie son più comuni che in quelli d'aria pura, e soprattutto quando si fanno dei considerevoli movimenti di terra.

Dopo ciò, si conoscerà press' a poco il numero dei letti di cui si avrà bisogno, e conseguentemente la grandezza degli edificj che bisognerà costruire, i quali consistono nelle sale degli infermi, credenza, cucina, farmacia, cantine e lavanderia, rimesse per mettere i legni, infine tutti gli alloggiamenti necessarj per gli impiegati nell'ospedale. Le sale dei malati devono essere al pian terreno ed al primo piano: si faranno larghe 42 piedi, per mettere due file di letti di 6 piedi da ciascun lato, e due altre nel mezzo con due andate di 9 piedi di larghezza ciascuna. Quanto alla lunghezza delle sale, si deve regolare col numero dei letti, contando 4 piedi di larghezza per ciascuno ed altrettanto per la distanza dall'uno all'altro: al capo della sala del pian terreno si fa una cappella.

Se passa dell' acqua corrente per la città, bisogna, quanto è possibile, fare in modo di costruire l' ospitale nelle sue vicinanze, o almeno far passare un ruscello presso la corte o un giardino per aver acqua in abbondanza; ma senza fermarmi a quanto può convenire per uno spedale, osservisi la Tav. XXX in cui

La fig. 4. Indica la pianta dell' edificio.
fig. 5. Spaccato su la linea A B.
N. 1. Gran sala per gli infermi.
2. Latrine.
3. Scala.
4. Residenza del direttore.
5. Credenza.
6. Cucina.
7. Forni.
8. Lavanderia.
9. Magazzino.
10. Rimessa per i legni.
11. Farmacia.
12. Distribuzione delle elemosine.
13. Studio.
14. Altra sala per gli ammalati.
15. Corte.

Dovendosi costruirne uno sarà bene prender concerti col chirurgo maggior della piazza, affinchè d' accordo con esso non si trascuri cosa alcuna d' essenziale.

Ne resta adesso a parlare delle prigioni. Si sa che solo di rado se ne costruiscono delle nuove, a meno che ciò non succeda in piazze di fresco edificate, perchè nelle antiche trovansi per solito nei ridotti, castelli e torri; ma se si fosse nel caso di farne una, bisognerebbe che fosse composta d'una corte circondata da edifizj, sicchè le stanze del carceriere si trovassero sul davanti, e non avessero comunione alcuna coi prigionieri; a

dritta della corte si potranno stabilire le camerucce al pianterreno, e al di sotto le prigioni destinate alla semplice correzione dei soldati e dei cittadini, in modo che non ricevan luce che dalla corte, non dovendo aver finestre su la contrada; a sinistra si potranno fare due o tre cameruccie per dar luogo alle persone che meritassero qualche riguardo, e il fondo sarà occupato da altre prigioni più staccate dal resto dell'edifizio, per rinchiudere i prigionieri ai quali si volesse togliere ogni comunanza colle genti all'esterno che vanno e vengono: al di sopra di questo edifizio si potrà costruir la cappella perchè tutti i prigionieri possano assistere alla messa; soggiugnerò che quando si tratta d'un edifizio di tal natura, bisogna fare i muri grossissimi e tutte le finestre con forti grate che si porranno pure ai tubi dei cammini.

Per dire una parola sulle case de' borghesi, rappresentate alla tavola XXVIII, si osservi che la pianta delle cinque case che vi si vedono esprime la metà di uno degli angoli della tavola XXIV, di cui si è fatto menzione nel capitolo ottavo; così da questa metà potrà di leggieri giudicarsi del resto. Quanto alle decorazione delle facciate, siccome esse si trovano sulla pianta di cui abbiamo parlato, una sola occhiata basterà per giudicarne, senz'altri schiarimenti.

Porterò qui il regolamento che è stato posto in vigore al proposito dalle case edificate a Neuf-Brisack; prescrive tale regolamento quanto bisogna osservare per impedire ogni contesa tra i particolari, e le leggi a cui ogni particolare deve assoggettarsi costruendo in una città fortificata.

Articolo I. Tutti coloro che fabbricano devono conformarsi per le facciate dei loro edifizi a quelli già eseguiti su la gran piazza, tanto per la decorazione di queste facciate ed altezza delle cornici, quanto per la grandezza delle botteghe, porte e finestre, che devono tutte essere eguali, come per l'altezza dei tetti.

Articolo II. Ogni particolare dovrà fare un muro divisorio, grosso due piedi dai fondamenti fino al pian terreno; 18 pollici dal pian terreno sino al tavolato del soffitto, e 16 pollici di là fino al vertice del tetto, e siccome può nascere qualche intralcio in occasione della costruzione di questi muri, i particolari non fabbricando tutti nel medesimo tempo, quello che comincerà il primo sarà compensato dal suo vicino della metà della spesa, di mano in mano che il muro si alzerà senza essere obbligato ad aspettare che l'altro costruisca sul davanti.

Articolo III. Si faranno i tetti delle botteghe della medesima altezza, tenendo la stessa regola per le insegne, grandi più che sia possibile egualmente.

Articolo IV. Nella costruzione delle cantine è necessario farne almeno una a volta in ciascuna casa.

Articolo V. I tetti d'uno stesso quadrato saranno della medesima altezza per uniformarsi esattamente al disegno.

Articolo VI. Si terranno lontani più che sia possibile le latrine ed i pozzi, non solo delle case particolari, ma altresì dalle case vicine.

Articolo VII. E siccome la traspirazione di queste latrine potrebbe alla fine corrompere le acque dei pozzi, resta espressamente comandato a tutti i particolari di cisternare i fossi delle loro latrine con buona mura-

tura, ed uno strato di malta, lasciando un foro alla volta per sgomberarle quando sarà tempo.

Articolo VIII. Resta pure ingiunto a tutti coloro che hanno avuto aree, di fabbricare alla spiccia, perchè le opere sien compiute nel prescritto termine, sotto pena di perdere le dette aree che ad altri si assegneranno, ed anche quanto vi sarà stato costruito sopra, spirato che sia il tempo del loro compimento.

Articolo IX. Resta espressamente ingiunto a tutti i muratori e falegnami di conformarsi a questo regolamento sotto pena della prigionia.

CAPITOLO UNDECIMO

Cantine, ghiacciaie, forni e mulini.

In tutte le città fortificate, ove la maltolta è stabilita, il re concede alla guarnigione una cantina: cioè un luogo in cui si possa avere acquavite, vino e birra ad un certo prezzo molto al di sotto di quello delle taverne. Quando questa cantina si trova in una città grande, sta al proprietario il provedersi d'una casa che le si convenga; ma in una cittadella, o in qualunque altro piccolo forte, la cantina è quasi il solo luogo in cui la guarnigione cercar possa qualche refocillamento, e allora gli ingegneri restano incaricati della costruzione e della riparazione di un tale edificio, di cui m'accingo a fare parola.

Una cantina deve essere composta di parecchi locali, e al pian terreno d'una cucina, d'una dispensa, di tre o quattro camere per dar da bere ai soldati, d'una sala per gli ufficiali, d'una stalla per dodici o quindici cavalli, e d'un cantiere per mettere i legnami; al di sopra di questo corpo di casa si distribuirà pure un numero di camere che corrisponderanno, volendo, a quelle del pian terreno, per dar alloggio agli stranieri. La cantina portata su la tavola XXXI è press'a poco di questa maniera.

Tav. XXXI. Fig. 1. Pianta d'un edificio per far pane.
a. Stalle.
b. Cantieri pei legnami.
c. *d*. Forni per cuocere otto mila razioni di pane al giorno.
e. Distribuzione del pane.
f. Cucina.
Fig. 2. Tomografia sulla linea C D
Fig. 3. Tomografia sulla linea F G.
Fig. 4. *a* Mulini a braccia.
b . . . . a braccia e a cavalli.
c Stalle.

Fig. 5. Tomografia sulla linea A B.
Fig. 6. Pianta d' una cantina.
Fig. 7. Alzato sulla linea E F.

Perchè gli ufficiali d' una guarnigione possano bever fresco nella state, si fa spesso una ghiacciaia, la cui costruzione e il cui mantenimento spettando alle fortificazioni, sta all' ufficiale di farle compire. Per ben situarle bisogna acegliere un luogo elevato, come per esempio un bastione pieno; si fa una fossa in forma di imbuto, le si danno circa 20 piedi di diametro e dieci a dodici di profondità, più o meno. Se per far questa fossa si trovasse della creta che non è stata mossa, si potrebbe tralasciare di rivestirla di muratura; ma quando ciò non accada, vi si fa un rivestimento di mattoni di due piedi e più di grossezza, secondo che si avrà maggior ragione di temere la spinta delle terre, che è nulla per lo più in tali luoghi, perchè dandole per profondità press'a poco il raggio del gran circolo, le terre avranno il lor pendio naturale, e conseguentemente si sosterranno sotto l' angolo di 45°. In fondo della ghiacciaia si fa un piccolo pozzo di 3 piedi di diametro sopra 5 o 6 di profondità, che deve pur essere rivestito; serve questo a ricevere l'acqua che scola dalle neve e dal ghiaccio; e però ognun vede che bisogna cominciare la muratura dal pozzo, e quando si sarà giunti all'orlo, praticare un canaletto composto di buoni legnami di quercia per servir di base ai primi filari del rivestimento dell'imbuto; quando lo si è empiuto di ghiaccio si chiude il pozzo con un tavolato a mo' di grata; compinta la muratura e datole tempo di seccare, si copre la ghiacciaia di stoppa attaccata sopra una specie di ossatura piramidale, entrante nella terra, badando bene che non vi sia alcuna fessura nè buco per impedire che il sole passi attraverso; per la qual cosa onde mantenerla ad un'ombra maggiore vi si piantano all'intorno alberi l' uno all' altro vicini. Per entrare nella ghiacciaia si forma un andito di 10 a 12 piedi di lunghezza e quattro di larghezza, fatto a volta e posto a settentrione; lo si chiude con due porte, ognuna delle quali è costruita a ciascuna estremità.

Siccome in tempo di guerra la città dà il pane alle truppe si fa un forno che ne somministri non solo alla guarnigione, ma ancora ad un corpo d'armata che si trovasse vicino alla piazza: per la qual cosa deve essere composto almeno di sedici bocche colle sue caldaie, perchè possano aversi ad un caso di bisogno almeno otto mila razioni in un giorno. Ognuno di questi forni avrà nove piedi di diametro e due piedi sotto la volta, nei punti della maggiore altezza; la gola avrà due piedi di larghezza sopra uno e mezzo di altezza: saranno alti tre piedi sopra il livello del pian terreno, come potrà vedersi dalla pianta ed al profilo di queste bocche portate in grande su la Tavola XXXIII, perchè quelli della Tavola XXXI erano disegnati troppo in piccolo per essere scorti distintamente.

Tav. XXXIII. fig. 6. Sezione d'un forno sulla linea A B.
fig. 7. Pianta d' un forno.
a. Caldaje.
b. Gola del forno.

La costruzione del forno non ha nulla che conosciuto non sia dal più meschino muratore, dirò solo che le volte devono essere fatte con mat-

toni d'una buona terra ben preparata e ben cotta, posati come cunei con della calce fina; quanto all'ammattonamento di cui deve essere coperto il fondo del forno, bisogna per posare i quadrelli servirsi di malta d'argilla e non di quella fatta a calce ed a sabbia, perchè il calore la farebbe gonfiare e staccherebbe i quadrelli in poco tempo.

L'edificio dev'essere composto di due corti, la prima per la comodità dei garzoni da fornaio, la seconda per i quadrelli e le stalle; nell'edificio devono essere de' magazzini per chiudervi il pane, doe banchi per distribuirlo: al di sopra si praticheranno degli alloggiamenti per i commessi dei viveri, e le farine potranno essere poste nei granai al di sopra dei cantieri; ma per formarsi un'idea più parlante di tutto ciò, si osservi la Tavola XXXI.

Quando non vi sono mulini nè a vento, nè ad acqua in una piazza, o che l'inimico, se ve ne ha, può renderli inservibili, bisogna fare un edificio in cui riporvi quelli a braccia ed a cavalli in quantità sufficiente per proveder di farina la città; questo edificio dev'essere formato di due grandi aree al pian terreno per rinchiudere i molini, d'un cantiere grande quanto basta per porre a coperto i legnami che si danno alle truppe, e d'una stalla capace di contenere quattordici o quindici cavalli, con buoni granai per rinchiodere le farine, come può vedersi su la stessa tavola.

CAPITOLO DUODECIMO

Costruzioni di pozzi e cisterne.

Non fa bisogno di dimostrare la necessità dei pozzi pubblici in una città, soprattutto quando non iscorra acqua ne' suoi quartieri.

Siccome i pozzi ordinarj non han nulla di particolare, mi basterà dire che si approfondiscono sino a tanto che abbiano cinque o sei piedi d'acqua viva, dopo che si pone nel fondo un cerchio di legno di quercia di quattro piedi di diametro in opera e di quattro a dodici pollici di grossezza, sul quale si pongono cinque o sei strati di pietre di taglio murate con malta e ben commesse tra loro con arpioni di ferro impiombati; il resto dell'altezza del pozzo a tre pollici al di sotto del pian terreno si fa di muratora di mattoni o di pietrame, poi si sormonta il pian terreno con tre filari di pietra di taglio, formando insieme un due piedi e mezzo, cementati con malta, e ramponi di ferro, dopo di che si correda il pozzo di quanto è necessario a trarne acqua.

Si fa un'altra specie di pozzi, chiamati pozzi *traforati*, in cui l'acqua monta da sè stessa sino ad una certa altezza, in modo che non c'è da far altro che mandarla nel bacino che la riceve. Sarebbe a desiderarsi che se ne potessero far de' simili in ogni luogo, il che non è possibile, occorrendo delle circostanze dal lato del terreno che non si trovano dovun-

que; imperocchè questi pozzi sono prodotti dalle acque che scendendo dalle vicine montagne si scavano un cammino sotterraneo sin là dove son poi trattenute da banchi di creta, o di pietra che le impediscono di perdersi: bisogna dunque che questi banchi possano essere forati coi trapani ordinari e che l'acqua che sta al di sotto possa montar da sè stessa in un tubo verticale sino al pian terreno, circostanza *sine qua non.* Dato che ciò s' incontri, ecco come si costruiscono questi pozzi.

Si scava da prima un bacino di grandezza ordinaria, che abbia il fondo più basso del livello a cui l'acqua può montar da sè stessa, affinchè vi si spanda; si forma coi trapani ordinari un foro di tre pollici di diametro, in cui si mette un palo guernito d'una punta di ferro alle due estremità, di cui quella che deve entrar nel terreno deve essere più aguzza che si può; si batte questo palo col montone, e quando non è più possibile farlo andar avanti, si adopera il trapano col quale devesi terminare di forare i pozzi; ora questi trapani han tre pollici di diametro, ed un piede circa di punta, il resto del corpo essendo di un pollice di grossezza più o meno, e di 12 pollici di lunghezza; si pianta questo trapano nel palo, e si forano tutti i banchi che vi si trovano; avendo cura di vuotarlo di tempo in tempo della terra di cui si riempie. Allorquando la lunghezza del primo trapano non basta per giugnere sino all'acqua, vi si commette una seconda branca, una terza ec., come è richiesto dalla profondità, e si continua a forare ed a vuotare successivamente il foro, finchè siasi trovata acqua in abbondanza, il che si conosce quando sale lunghesso il palo sino al di sopra; allora si adopera un tubo di piombo per condurla nel bacino.

Trovata l'acqua viva, e in abbondanza, bisogna guardarsi bene dal forare più in là, chè non si aprissero i banchi di pietra o di creta che trovansi al di sotto dell'acqua, potendo accadere, che, presa una via più facile a percorrersi di quella del canale, cessasse sul momento, o di lì a qualche tempo, di salire.

Si fanno di tali pozzi nelle Fiandre, in Germania e in Italia; ne ho veduto uno nel monistero di S. Andrea, presso Aire nell'Artesia, in cui l'acqua è sì abbondante che dà più di cento tonnellate all'ora: si alza a dieci o dodici piedi al di sopra del pian terreno, e ricade in un gran bacino in parecchie fontane che producono un bellissimo effetto.

Narra il Cassini nelle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze, che in parecchi luoghi del Modanese e del Bolognese se ne vedono di simili; ma si cavano diversamente: si scava sin che si trova l'acqua, poi si costruisce un doppio rivestimento di muro pieno d'argilla bene stemperata; e si continua quindi a scavare più avanti ed a rivestire come prima; sino a tanto che si trovano delle sorgive che sboccano con abbondanza, quando si fora il fondo con un lungo trapano, e terminato il foro, l'acqua monta e riempie, non solo i pozzi, ma si spande altresì su tutta la campagna, che innaffia continuamente: soggiugne ancora ch'egli ha fatto fare al forte Urbano una fontana in cui l'acqua s'innalza naturalmente a 15 piedi d'altezza, al di sopra del pian terreno, da cui ricade in un bacino di marmo, ad uso pubblico destinato, e che avendola sostenuta con tubi s'innalzava sino alla sommità delle case.

Nella bassa Austria, circondata dalle montagne della Stiria, gli abitanti

si procacciano l'acqua presso a poco nello stesso modo; cominciano a forare sintanto che trovano la creta; allora prendono una gran pietra, grossa sei pollici, forata nel mezzo e forano il letto della creta attraverso di questo buco, finchè l'acqua monta con impeto e riempie i pozzi.

In certi luoghi, senz'anche che si trovino montagne nel vicinato, si possono fare dei pozzi sul medesimo gusto; perchè se v'hanno fiumi o laghi che siano più alti del livello in cui si è, se le acque comunicano sin là, potranno certo riempire i pozzi ed anche stravasare, come non di rado succede quando i fiumi ingrossano.

Si può soggiungere che nei luoghi in cui l'acqua non potrà montar tanto da essere ricevuta nel bacino, questi pozzi non cesseranno d'esser utili, se facendo cader l'acqua in qualche serbatoio a tutta quella altezza cui potrà giugnere, si potrà darle di là uno scolo in qualche luogo vicino più basso del serbatoio, il che si potrà ottenere con un condotto sotterraneo ed anche con un sifone che passa rasente terra, e allora si farà cader l'acqua che uscirà del canale o dal sifone in un bacino, come succede per solito in tutti i luoghi in cui vi sono delle fontane vicine, od anche senza far tutto questo, si alzerà l'acqua al di sopra del pian terreno col mezzo d'uno stantuffo, purchè quest'altezza non oltrepassi i 29 o 30 piedi, non potendo farla salire più alto, per le ragioni conosciute sull'effetto dell'aria.

Ne' luoghi altissimi non si trovano tutte le condizioni che occorrono per fare dei pozzi traforati e nè manco dei pozzi ordinarj, a meno che non siano di un eccessiva profondità, come quelli di Charlemont, nè talvolta si giunge pur a trovar l'acqua buona, il che renderebbe questi luoghi inabitabili, se non si fossero immaginate le cisterne, cioè il modo di purificare e conservare in una specie di cantina l'acqua piovana. Ora siccome la costruzione delle cisterne richiede molta diligenza perchè sia ben fatta, ci occuperemo circostanziatamente di quanto riguarda un tale proposito, e perchè l'esempio soccorra i precetti, prenderemo a modello la cisterna fatta nel 1722 a Charlemont da Brevale, bella per lo meno quanto quella di Dunkerque, di cui si è tanto parlato. Questa cisterna ha, come può vedersi sulla Tavola XXXII, 15 tese di lunghezza sopra 6 tese e 4 piedi di larghezza, compresi i due muri di mezzo, che sopportano le volte; perchè questa sorta d'opere, dovendo essere fatta a prova di bomba, per prevenire i sinistri che accader possono in tempo d'assedio, fu creduto miglior consiglio costruir tre volte, ognuna di grandezza mediocre, che farne una sola la quale sarebbe riescita troppo alta e troppo debole. —

Tav. XXXII. Fig. 1. Facciata delle nicchie delle cisterne.
Fig. 2. Tomografia delle nicchie delle cisterne.
A, A ec. Paramenti di mattoni fatti in malta.
B. Smaltitoio delle pompe.
C. Porta della cisterna.
1. Pompa.
2. Nicchia.
Fig. 4. Spaccato sulla lunghezza della cisterna che passa attraverso le nicchie.
Fig. 5. Spaccato sulla larghezza della cisterna e della cisternetta.

D. Entrata dell' acqua nella cisterna.
E. Passaggio dell'acqua dalla cisterna nella cisternetta.
F. Pertugio per dar aria alla cisterna.
3. Cisternetta.
Fig. 6. Pianta e profili delle latrine.
4. Strada delle latrine.
5. Scarpa del rivestimento.
6. Parapetto.
7. Banchina.
Fig. 7. Latrina.

La pianta fa pur vedere che si è praticata una porta in ciascun muro di mezzo per la comunicazione dell' acqua, e che si è fatta una cisternetta di 9 piedi in quadrato, perchè l' acqua possa filtrare prima d' entrare nella cisterna; per la qual cosa il fondo di questa cisternetta è otto piedi più alto di quello della cisterna.

Per cavar l' acqua si formano al pian terreno della piazza quattro nicchie quadrate di 7 piedi e mezzo in opera, due delle quali servono a dar luogo alle pompe, e le altre due a ricever l' acqua; e affinchè se ne possa trarre sin l' ultima goccia, i tubi delle pompe corrisponderanno in uno smaltitoio, che è una specie di canaletto, posto su tutta la larghezza; in una di queste nicchie si è praticato una porta per discendere con una scala nella cisterna, quando vogliasi fare qualche riparazione; a queste nicchie sta sovrapposta una volta a prova di bomba, e sono decorate esteriormente con una facciata in pietra da taglio e coronate d' una cornice; son chiuse da porte di panconi, come pure l' ingresso della cisterna. Io credo che questa spiegazione basti, col ministero delle piante e degli spaccati, per darne una conoscenza perfetta; sicchè parlerò del metodo tenutosi costruendola.

Dopo avere scavate le terre sino ad una convenevole profondità, e fatto un massiccio di muratura di circa tre piedi di grossezza, vòlto in pendio di sei pollici ver lo smaltitoio delle pompe, questo massiccio che occupa tutto il fondo della cisterna, ha servito nel medesimo tempo di fondamento ai piedritti delle volte ed ai muri di mezzo. Dopo averlo ben agguagliato si è coperto con un filare di mattoni posti a piatto in malta di cemento; su questo primo filare se ne è fatto un secondo, e su quello un terzo, sempre con malta di cemento in modo che le commessure delle due inferiori corrispondano alla parte di mezzo della superiore; il fondo della cisternetta è stato costruito nello stesso modo.

Terminata la superficie del fondo della cisterna si sono innalzati i muri di tramezzo e i piedritti delle volte, ai quali si è dato 3 piedi di grossezza; i muri all'intorno, tanto della cisterna quanto della cisternetta, sono stati paramentati di mattoni posti in bagno di malta, su la grossezza di due mattoni e mezzo alternativamente, e il resto di questa grossezza, di pietrame: in seguito si son poste le centine sulle quali si è stabilita la vôlta d' un mattone di grossezza fatto in malta di cemento; su questa volta se ne è fatta una seconda e su questa una terza di pietrame piatto

dopo che si sono empiute di muratura le reni della volta di mezzo, sino all' altezza determinata dal profilo: dopo aver bene aggusgliato il pendio vi si è applicata una cappa di cemento che copre le tre volte, e questa cappa è stata fatta press'a poco nello stesso modo, che si è insegnato nel Capitolo XI del Libro III.

Si è posto uno strato sul pavimento della cisterna e sull'interno del muro di giro della medesima grossezza con cui si fanno le cappe di cemento, e fabbricato colle medesime precauzioni, con questa sola differenza che alla polvere di tegole si è sostituito il trass d'Olanda, come di miglior qualità.

Quando si fanno delle cisterne nei luoghi acquitrinosi, si inviluppa tutta la muratura con un buono strato di creta ben pesta, acciò le acque che provengono dalle sorgive o da tutt'altra cagione, non le guastino o non si uniscano con quelle della cisterna, se col progresso di tempo giungessero a farsi strada, quest' acque dovendo essere di cattiva qualità, perchè se fossero buone non ci sarebbe stato bisogno di fare una cisterna.

Ne descriverò qui una assai bella eseguita a Calais un po' prima di quella di Charlemont, i cui sviluppi sono abbastanza dettagliati su la Tav. XXXIII.

Tav. XXXIII fig. 1. Tomografia sulla linea A B della cisterna.
fig. 2. Pianta della cisterna al di sotto della volta.
fig. 3. Pianta della gran cisterna di Calais.
fig. 4. Sciografia sulla linea C D.
fig. 5. Sciografia sulla linea E F.

La grandezza delle cisterne deve essere relativa alla quantità dell'acqua che potranno somministrare i tetti delle case; e bisogna per conoscere quanta se ne potrà raccorre, fare delle esperienze sopra luoghi per vedere quanti pollici d' acqua piovono ciascun anno, cioè a che altezza le acque coprirebbero la superficie della terra, se stessero in luogo, senza scolare, imbeversi, evaporarsi. Supponendo che ne cada 20 pollici, bisogna misurar l' estensione che occupano gli edifizj, dai tetti dei quali si vuol raccorre l' acqua senza tener conto della loro figura, nè della grandezza della loro superficie, poichè l' acqua che riceveranno sarà sempre equivalente a quella che sarebbe caduta sul terreno occupato dall' edifizio, se lo spazio fosse stato scoperto come in piena campagna; ora se questo spazio si trovasse per esempio di 1200 tese quadrate, bisognerebbe moltiplicare questo spazio per 20 pollici, e il prodotto darà 333 tese e 4 piedi cubici per la quantità d' acqua che la cisterna riceverà nel corso d' un anno; sul qual proposito bisogna avere la cautela di farla sempre più grande, perchè nel tempo delle grandi pioggie non s' alza mai sino all' origine della volta (52).

Per conoscere il modo con cui si potranno instituire queste esperienze, riferirò quel che si pratica all'osservatorio Reale di Parigi, e porterò qualche esempio che potrà tornar utile ad un bisogno.

Per conoscere la quantità d'acqua che cade all'Osservatorio, si pone in una torre scoperta un recipiente di latta di 4 piedi di superficie con due risalti di sei pollici di altezza; questo recipiente è fatto in pendio verso

(52) V. le Note del Navier.

uno de'suoi angoli, ove trovasi l'estremità d'un tubo per condur l'acqua in una brocca. Si ha gran cura di misurare esattamente tutta l'acqua ammassata in questa brocca, con un vaso di misura cubica avente per lato tre pollici, sicchè 32 linee di altezza di acqua in questo piccol vase, equivalgono a una mezza linea sulla superficie del gran recipiente; ed è opportuno il notare che non si riempie intieramente la misura, e che basta porvi dell'acqua sino ad una linea segnata all'esterno, quattro linee sotto dell'orlo, per avere le 32 linee d'acqua di cui si è parlato. Si scrivono su di un registro tutte le misure, unite nel corso di ciascun mese per farne un adeguato alla fine dell'anno, che darà la quantità d'acqua caduta.

Il signor di Vauban, avendo mandato all'Accademia Reale delle Scienze una Memoria della quantità d'acqua piovana caduta nella cittadella di Lilla in dieci anni, dal 1685 fino al 1694, il signor la Hire ha paragonato i sei ultimi anni dell'osservazione di Lilla, cogli stessi anni, che ha esattissimamente osservati a Parigi, ed eccone il confronto.

ANNO	A LILLA			A PARIGI		
1689	18 pollici,	9	linee	18 pol.	11 1/2	linee
1690	24	8	1/2	23	3 1/2	
1691	15	2	—	14	5 1/4	
1692	25	4	1/2	22	7 1/2	
1693	30	3	1/2	22	8 —	
1694	19	3	—	19	9 —	
6 anni	133	6	1/2	121	9 —	

Col confronto di questi sei anni, vedesi in generale che piove un poco più a Lilla che a Parigi, e che l'adeguato a Lilla, dà 22 pollici e 3 linee, e a Parigi 20 pollici e tre linee. Pure non se ne contano che 19.

CAPITOLO DECIMOTERZO

Regole da osservarsi nella costruzione degli edificj.

Dopo avere nei precedenti capitoli spiegate le proprietà e la distribuzione dei principali edificj, ne resta a far parola di molte cose che appartengono alla loro costruzione e a quella degli edifizj privati, di cui tratterò in generale, perchè tali cose fan parte solo dell'opera mia, in quanto che non può un ingegnere ignorare le proporzioni da darsi alle parti di un edificio, perchè riesca comodo e grazioso.

Quanto ai dettagli su cui conto fermarmi sono dell'ultima conseguenza, avvegnacchè per essi soltanto si possono instituire le stime che preceder devono la costruzione degli edificj.

Questi dettagli sono una perfetta intelligenza del legname grosso e minuto, delle opere di ferramenta, delle coperture di tegole e d'ardesia, dei vetri, delle pitture, degli spazzi, dei pavimenti, in una parola di tutto quanto può cadere sotto la direzione di un ingegnere, e per poco che se ne faccia l'applicazione alle opere di cui si è parlato nei precedenti capitoli, credo che in breve un giovine ingegnere potrà con buon esito adoperarsi nei diversi lavori che da' suoi capi gli verranno affidati; non dovendo egli, a mio avviso, se han ben compreso nel primo, secondo e terzo libro quanto appartiene ai grossi lavori, istruirsi se non degli altri di minor conto.

Quando si costruisce un edifizio bisogna fare i muri grossi in proporzione dell'altezza e del peso che devono sopportare; notando che la grossezza dipende pure dalla qualità delle pietre di cui saranno composti. Questi muri devono avere una risega d'un mezzo piede al di sopra dei fondamenti, 3 pollici da un lato e 3 pollici dall'altro, e ciascun piano sarà rastremato di circa tre pollici in dentro, perchè così il peso del muro sarà portato a piombo, senza che sia necessario dargli una scarpa; a ciascun piano si fa una fascia all'intorno, per non rendere sensibile questa risega.

Perchè l'opera riesca più solida, si faranno gli angoli in pietra di taglio, colla cautela di tener lontane fra loro più che sia possibile le porte e le finestre per non cagionare indebolimento: quanto ai muri di mezzo si faranno grossi la metà o due terzi di quelli di facciata.

Si avrà cura di non posar mai le travi sul vuoto, come sopra finestre e porte, e che non passino pei cammini; il vuoto deve star sopra il vuoto, il pieno sul pieno.

Per la comodità d'un edifizio, bisogna che i locali sieno gli uni vicini agli altri, e ben disposti; che i principali, come le sale e le camere, abbiano una guardaroba e un gabinetto: questi locali devono aver proporzioni corrispondenti all'uso cui son destinati, e quando sia libero l'attenersi a giuste proporzioni si procederà nel modo seguente:

Le sale avranno dai 22 fino ai 24 piedi di larghezza (m. 7, 15 ai m. 7, 80), e dai 34 sino ai 36 di lunghezza (m. 11, 05 ai m. 11, 70): nei grandi edifizj la lunghezza delle sale, deve essere doppia della loro larghezza; le camere saran di figura quadrata, come la più conveniente, e si potrà dar loro dai 22 fino ai 24 piedi: quanto alla grandezza dei gabinetti e delle guardarobe, dipende dalle persone a cui questa specie di locali convengono più o meno.

Gli appartamenti al pian terreno, possono avere dai 13 fino ai 14 piedi di altezza (m. 4, 22 ai 4, 55), quelli del primo piano dai 12 fino ai 13 (m. 3, 90 ai m. 4, 22), diminuendo d'un piede e d'un piede e mezzo per i piani più alti.

Le porte si faranno alte il doppio della loro larghezza, quelle per cui devono passar carrozze si fanno dagli 8 fino a 9 piedi di larghezza (m. 2, 60 ai m. 2, 93), quelle degli appartamenti ordinarj ne avranno 3 o almeno 2 e mezzo (m. 0, 98 ai m. 0, 82), e quelle dei grandi appartamenti e dei vestiboli dai 4 fino ai 5 piedi (m. 1, 30 ai m. 1, 63).

Nella facciata d'un edifizio, bisogna sempre procurare che la porta sia nel mezzo più che si può; le porte degli appartamenti dovranno essere sulla stessa linea, ed opposte ad una finestra, quando l'edifizio esce di

squadro; e nei piani che stanno gli uni sopra gli altri, si avrà cura che le porte si corrispondano a piombo, perchè il vuoto riposi sul vuoto.

Le grandi finestre devono essere proporzionate al luogo che illuminano: perchè se sono troppo distanti tra loro o troppo piccole, danno oscurità al luogo; se sono troppo grandi e troppo vicine le une alle altre, indeboliscono il muro nel quale son praticate; la miglior regola è quella di dar ad esse una distanza eguale alla loro larghezza, notando che verso gli angoli, per non indebolire il muro, la distanza tra l'angolo e la finestra sia maggiore d'un terzo o d'un quarto della larghezza della finestra medesima.

Le proporzioni delle grandi finestre dipendono dalla loro situazione, se sono al pian terreno, al primo, al secondo, o al terzo piano, e dall'altezza del piano, che è diversa, secondo la grandezza degli edifizj.

Tutte le finestre degli edificj particolari, o destinati agli usi ordinarj, devono avere dai 4 fino ai 5 piedi di larghezza.

Per regolare generalmente la loro altezza, basterà dire che dopo aver presa nella altezza del piano 3 piedi al più da darsi al muro d'appoggio, si potrà assegnare il resto dell'altezza sotto le travi alle finestre; per esempio se il piano ha 15 piedi di altezza sotto le travi, avendone presi 3 per l'appoggio, ne resteranno dieci per l'altezza delle finestre; e così in proporzione degli altri piani che sono meno elevati.

Si farà in modo che tutte le finestre corrispondano a piombo le une sulle altre; se vi fossero dei luoghi al secondo o al terzo piano, ove non se ne fosse potuto praticare a cagione della distribuzione dell' interno, bisognerà farle finte, perchè la facciata dell' edifizio riesca regolare.

Gli abbaini dei piani in soffitta, devono avere un quinto meno di larghezza, delle finestre al di sotto, e la loro altezza deve essere circa una volta e mezza la loro larghezza.

La grandezza dei cammini deve essere proporzionata agli ambienti in cui son posti; i grandi per le sale grandi avranno sei a sette piedi d'apertura tra le loro spalle, e 4 a 5 dal cappello alla soglia, e circa 2 piedi di sfondo; i mezzani per le camere saranno di 4 piedi di larghezza, sopra 3 di altezza e di 18 a 20 pollici di profondità; i piccoli per i gabinetti possono avere dai 3 piedi fino ai 4 di larghezza, ed il resto in proporzione.

Nei grandi edificj ove i muri hanno una considerevole grossezza, si possono far passare i tubi dei cammini, ma quando questa grossezza è mediocre ciò non conviene, perchè si indebolirebbero troppo i muri. Altra volta i cammini erano addossati gli uni agli altri; ma siccome essi caricavano i tavolati, e aggettavano troppo nelle camere, si è corretto questo difetto disponendoli lungo il muro e deviando i tubi; questo deviamento però è spiacevole all' occhio, onde si praticano degli armarii nei vuoti e così la camera diventa regolare.

I tubi possono avere 3 o 4 piedi di lunghezza, sopra 10, 12 a 15 pollici di larghezza, e la loro grossezza dev'essere di pezzi di pietra o di mattoni di 4 pollici: quanto alla situazione dei cammini, credo non vi sia bisogno di dire che non si devono mai addossare contro i muri di facciata, tra le finestre, per delle ragioni evidenti; il loro vero posto però è nella metà dei muri di mezzo, perchè essi si presentano entrando;

senza trovarsi, dicontro alla porta, che deve, come ho già detto, star da un lato per essere sulla fila delle altre.

Bisogna che ogni capo di condotto di cammino non produca alcuna difformità al di fuori dell'edifizio, e quelli che si trovano su la corrente del tetto e isolati, devono essere eguali in grossezza, con la maggior possibile simmetria, tutti della stessa altezza, osservando che sorpassino la cima del tetto di 3 piedi; la loro chiusa dev'essere di circa 4 a 6 pollici di area, per dare sfogo al fumo, su la lunghezza proporzionata a quella del tubo, con una picciola inclinazione al di sopra.

Le scale, formando una delle parti principali degli edifizj, vi sarebbe molto a dire sul luogo dove collocarle, la loro grandezza, la loro figura, sopra tutto in un tempo in cui sembra che nulla possa aggiungersi a quanto è stato fatto di maraviglioso in questo genere. V'ha cosa più bella del vedere queste scale, reggersi da sè stesse nell'aria, per l' ammirabile invenzione che si è trovata di votarle nel mezzo?

Mi limiterò a riportare alcune regole generali che devono osservarsi nella costruzione delle scale ordinarie, tanto più che quelle che si praticano per la comodità degli edifizj militari, non hanno nulla di comune con la magnificenza delle scale dei grandi edifizj.

Per non interrompere la serie degli appartamenti dell'interno del fabbricato, si faceano altravolta le scale alla metà della facciata esterna, in torri separate; ma siccome queste torri rompevano la simmetria esterna, si è giudicato più opportuno di collocarle al di dentro, nel mezzo del fabbricato, per dar comunicazione a due appartamenti separati a dritta ed a sinistra. Là faceano bella vista, erano ben illuminate, non nuocevano niente alla decorazione, e allorquando si trattava d'un edifizio semplice e di poca profondità, bastava porre da un capo all'altro un corpo avanzato della larghezza della scala, sopra ognuna delle facce, per trovare la conveniente lunghezza alle rampe, che si faceano ordinariamente doppie, perchè praticando un passaggio sotto il primo pianerottolo al luogo della seconda rampa, si può comunicare dalla corte al giardino; questo corpo avanzato che si facea nel mezzo del fabbricato per situar la scala, dava tanta grazia all'edifizio, e rendea la scala tanto comoda, che credo sia ottimo avviso seguir questa usanza: quantunque in questi ultimi tempi si tenda piuttosto a collocarle negli angoli ad imitazione di quel che si pratica in Italia; per altro siccome una scala posta nel mezzo occupa il più bel posto dell'edifizio, di cui potrebbe servirsi più vantaggiosamente per una sala, val meglio quando si può, metterle da un lato.

Quanto alla figura da darsi alle scale, quelle che sono in gabbie quadrate o quadrilunghe si affanno di più agli edifizj considerevoli che le altre disposte in giro, in ovale o a cono, a meno che non si debbano scegliere par qualche indispensabile ragione.

La grandezza delle scale dev'essere proporzionata a quella degli edificj, per cui son destinate, e quindi dipender dee da quella parte d' architettura che si occupa della distribuzione degli appartamenti, sicchè ciascun membro sia proporzionato al resto: la sola cosa che può esser comune alle grandi e alle piccole scale, è l'altezza dei gradini, rispetto alla loro grandezza, quella dei balaustri e degli appoggi, perchè servono sempre agli stessi usi.

La minor larghezza d'una rampa di scala principale è di 4 piedi, perchè due persone possano montare e discender di fronte senza reciproco incomodo: l'altezza degli appoggi e dei balaustri, deve essere al più di 3 piedi, e almeno di due piedi e mezzo; quanto all'altezza dei gradini rispetto alla loro larghezza, ecco una regola data da Blondel nel suo corso d'Architettura, che io ho creduto bene di qui riferire.

La lunghezza d'un passo comodo d'un uomo, che cammina orizzontalmente è di 24 pollici, e l'altezza di chi monta su di una scala drizzata a piombo non è che di 12 pollici; ove sembra che la lunghezza naturale dello stesso passo verticale, sia la metà dell'altezza naturale del passo orizzontale; così per unire l'uno con l'altro come si fa in tutte le rampe, bisogna che ciascuna parte in altezza sia per compenso presa per due orizzontali, e che l'una e l'altra per comporre un passo naturale facciano insieme la lunghezza di 24 pollici; a tal fine se in una rampa, si dà un pollice d'altezza al gradino, bisognerà dargli 22 pollici di larghezza, perchè 22 pollici orizzontali col pollice di altezza che val due pollici di livello fanno insieme la lunghezza del passo naturale di 24 pollici; se il gradino ha 2 pollici di altezza, non avrà che 20 pollici di larghezza che fanno insieme 24 pollici; se ha 3 pollici di altezza, che equivalgono a sei orizzontali, basteranno 18 di larghezza e così via discorrendo.

Per rendere una scala comoda, bisogna guardarsi dal non fare i gradini troppo alti; a tal fine non si assegnerà mai loro più di 6 pollici di altezza, e meno ancora se si può, e la larghezza del giro si regolerà colle norme precedenti; quando non si può dar loro tutta la larghezza che si desidera, bisogna farli aggettar d'un pollice, e tagliar questa parte a cerchio.

Alcuni architetti vorrebbero che si facessero i gradini inclinati al dinanzi per renderli di più facil salita e più comodi, quando si ha uno spazio tanto limitato da poter assegnar loro una larghezza conveniente; ma quando ciò succede è meglio fare il pendio in senso opposto, cioè che, salendo, la punta del piede sia un po' più bassa del tallone, giovando tanto a montare questo pendio che sembra di camminare orizzontalmente; ma questa pratica è pericolosissima, insegnando l'esperienza che siffatte scale sono di difficile discesa stando mal fermo il piede.

La principal cosa che deve osservarsi, costruendo una scala, è che sia bene illuminata, e siccome non può ricever lume che dalle finestre praticate nell'edifizio, bisogna tener conto della scelta del luogo e della disposizion delle rampe, perchè non vi sia alcun locale che non riesca bene illuminato dalle finestre che corrispondono al mezzo di ciascuna rampa su pianerottoli o sui fianchi; ma bisogna guardarsi che le finestre non sian tagliate dalle rampe, come succede pur troppo sovente, perchè riesce dispiacevolissimo all'occhio. Quanto abbiam detto potrà bastare a questo proposito. Passiamo ai tetti.

Gli architetti son di contrario avviso su l'altezza da darsi alle capriate: gli uni vogliono che si costruisca un triangolo equilatero, gli altri un triangolo rettangolo ed isoscele, e assegnano per altezza i tre quarti della larghezza dell'edifizio (53). Questa proporzione è bonissima, perchè i tetti non di-

(53) V. le Note del Navier.

ventano nè troppo piani nè troppo elevati; bisogna confessare che altre volte si facevano d'una eccessiva altezza, come si vede in una quantità di edificj, che hanno i tetti più alti dei muri di facciata, difetto che offende il buon senso e che è imperdonabile. Si avea per iscopo di fare scolare la neve e le acque piovane; ma quando le capriate hanno un pendio di 50°, l'esperienza mostra che i piani più alti, come i granai stanno benissimo a secco.

I tetti alla Mansarde, han molta grazia (54), e son quanto si è immaginato di meglio per coprire le case non alte e isolate, come la maggior parte di quelle che si fanno alla campagna; da questa sorta di tetti si trae ancora il vantaggio di rendere il piano in soffitta abitabilissimo, quasi quadrato e le luci degli abbaini piccolissime.

Bullet per far il tetto alla Mansarde, descrive un semicerchio di diametro eguale alla larghezza dell'edificio, lo divide in quattro parti eguali per disegnare la metà d'un ottagono, due lati del quale rappresentano il vero tetto, e gli altri due quel che si chiama falso tetto.

D'Aviller, nel suo corso d'Architettura, non approva questa costruzione perchè rende il tetto troppo piatto, e ne propone un altro in termini assai oscuri, che mi pare soggetto pure a parecchi inconvenienti; sicchè non avendo trovato nulla di soddisfacente a questo proposito, ho preso il partito di cercar da me stesso la costruzione da un tetto alla Mansarde, costruzione più regolare, mi sembra delle altre.

Si descriva (Tav. XXXIV, fig. 4) un semicerchio, il cui diametro sia eguale alla larghezza d'un edificio; si segni in questo semicerchio la metà d'un decagono regolare, e le due linee adjacenti al diametro esprimeranno i lati del falso tetto, e diviso l'arco che poggia su gli estremi di queste rette in due parti eguali nel punto D, e condotte le corde corrispondenti queste compiranno la figura richiesta del tetto alla Mansarde, che avrà molta buona grazia, non essendo nè troppo alto, nè troppo piatto.

Dopo aver date le regole generali che devon seguirsi nella costruzione degli edificj, sarà facile farne l'applicazione a quelli che si sono costrutti per lo stato maggiore, nelle cittadelle, forti, ec. Per la qual cosa non mi fermerò su questo articolo e farò solo un cenno della distribuzione che può convenire a questa sorta d'alloggiamento.

Bisogna che l'alloggiamento del governatore sia composto di tre parti principali, cioè del corpo di casa colla sua corte, della corte rustica e del giardino; il suo appartamento dev'essere al primo piano e consisterà in un'anticamera, in un gabinetto ed in una guardaroba, e supposto che la scala sia nel mezzo del corpo di casa, si deve dall'altro lato distribuire un secondo appartamento simile a questo per le persone di qualità che il governatore dovrà ricevere; il secondo piano sarà destinato ai principali servi, e il terzo per gli addetti alla casa; nel pian terreno si praticherà una sala da pranzo, una cucina, una dispensa, un offizio, una camera ed un gabinetto per gli ufficiali della guarnigione, quando il governatore vuol deliberare con essi sopra materie spettanti al servigio.

Nella corte rustica devon porsi i cantieri per i legni della casa; quanto alla disposizion del giardino non ne parlerò, perchè dipende dal luogo;

(54) V. le Note del Navier.

porterò solamente la pianta della casa che ho descritta e che si troverà sulla Tav. XXXV., come pure gli alloggiamenti del luogotenente, del re e del maggiore.

Tav. XXXV. Fig. 1. Pianta dell' alloggiamento del maggiore.
1. Corte.
2. Guadaroba.
3. Gabinetto.
4. Camere.
5. Cucina.

Fig. 2. Pianta dell' alloggiamento del luogotenente.
1. Giardino.
2. Corte.
3. Cantiere.
4. Stalla.
5. Latrina.
6. Gabinetto.
7. Camera.
8. Guadaroba.

Fig. 3. Pianta dell' alloggiamento del governatore.
1. 2. Corte.
3. Stalla.
4. Cantieri.
5. Cucina.
6. 9. Guardaroba.
7. Camere.
8. Offizio.
10. Sala grande.
11. Anticamera.
12. Gabinetto.

Fig. 4. Pianta d' una Chiesa Parrocchiale.
1. Chiesa.
2. Ingresso al Cimitero.
3. Giardino.
4. Casa del Curato.
5. Casa del Cappellano.

Nelle città forticate che sono da lungo tempo abitate, v' ha un numero di chiese bastante pel servigio divino; ma se si trattasse d'una città nuova bisognerebbe almeno una parrocchia, la cui grandezza fosse proporzionata al numero degli abitanti; per esempio nella città a sei bastioni reali, la chiesa deve avere 35 tese di lunghezza sopra 6 tese di larghezza con due cappelle di 20 piedi di larghezza sopra 24 di lunghezza. A dritta ed a sinistra della chiesa bisogna fare degli alloggiamenti pel curato e pel cappellano, la cui distribuzione, come pure quella della chiesa dev' essere press' a poco come vedesi segnato sulla Tavola stessa.

CAPITOLO DECIMOQUARTO

Particolari sull'esecuzione degli edifizj.

Dei lavori di legname grosso e minuto; dei tetti, dei soffitti, delle porte e delle finestre.

I tetti si fan sempre per varchi (*travées*); così chiamasi la distanza che v'ha da una capriata all'altra, che è ordinariamente di 10 o 12 piedi; ciascun cavalletto posa su di una trave di grossezza corrispondente alla sua lunghezza, e quindi alla larghezza dell'edificio; e siccome le dimensioni delle altre travi devono pure essere proporzionate a questa larghezza, perchè non siano nè troppo forti nè troppo deboli rispetto alla loro lunghezza, supporremo che si abbia un edifizio largo 30 piedi, dimension media tra i 24 piedi, che può considerarsi la minima, e i 36 che può ritenersi la massima larghezza degli edifici ordinarii.

I pezzi componenti una capriata son le *gambe di forza*, che hanno 8 a 9 pollici di grossezza; l'*asticciuola* o *catena* che serve a sostenere i puntoni e a riunire le *gambe di forza*, ne ha 8 o 9, ed è posta in coltello; *i razzi* che servono a legare le *gambe di forza* colla *catena*, ne hanno 7 ad 8; il monaco 8 in quadrato; i *contraffissi*, che servono a sostenere i *puntoni*, 6 a 7, ed i *puntoni* 8 a 9.

Le altre parti d'una capriata sono il comignolo, il sotto comignolo, i correnti e i travicelli. L'uno e l'altro comignolo ha 6 a 8 pollici in quadrato, e i travicelli 4, e son posti ad un piede di distanza. Quando si pongono piattaforme sul cornicione per ricevere il piede dei travicelli, devono avere 4 ad 8 pollici, e quando il cornicione ha molta monta si adoperano travicelli per formar la grondaia e condurre le acque piovane qualche piede al di là del muro di facciata; questi travetti non sono altra cosa che la testa dei travicelli, di cui l'uno delle estremità è tagliata in modo da poter essere applicata sui travicelli; i razzi riposano sopra i *beccatelli* e questi sul corrente superiore, gli [illegible]ni e gli altri fermati sui puntoni con caviglie di legno.

Per i soffitti non [illegible]edo sia necessario il mostrare quanto importi che le travi e i travicelli siano di buon legno tagliato da parecchi anni, non ignorandosi qual pericolo si corra nell'adoperarne di cattiva qualità. Quanto alle dimensioni, se ne è parlato abbastanza nel terzo capitolo di questo libro.

I principali legnami d'una scala sono i mensoloni (*patins*) su cui posano; i sostegni coi quali si commettono, i pali, le tavole dei pianerottoli, gli appoggi, i balaustri e i gradini.

I mensoloni hanno 8 a 9 pollici di grossezza, i pali 4 a 6, la grossezza dei sostegni deve essere proporzionale alla loro lunghezza, che di-

pende dalla grandezza della scala; ma comunemente si dà loro 6 a 8 pollici posti in coltello: i balaustri hanno 3 o 4 pollici di grossezza, e gli appoggi sovrapposti 4 a 6; i gradini han 5 o 7 pollici in costa per le grandi scale: per le piccole, 4 a 6 solamente. Quanto alle travi che sopportano i pianerottoli, bisogna che sieno di buon legname, perchè sostengono le rampe di cui facilitano la comunicazione, e però non si deve dar lor meno di 6 ad 8 pollici di grossezza, ed anche 8 a 10, quando hanno una certa lunghezza.

Le principali opere di legname minuto che hanno luogo negli edifizj militari sono le porte e le finestre. Si dà ordinariamente alle piccole porte degli appartamenti un pollice di grossezza; le porte ordinarie hanno 15 linee di grossezza circa, e quando si vogliono fare in commessura, se ne dà loro sino a 18, perchè si fa allora una modanatura in forma di cornice dai due lati; gli assicelli hanno 1 pollici di grossezza, le intelajature hanno 5 a 6 pollici di larghezza sopra due pollici di grossezza, ornati di modanature.

Per i portoni si dà al lor battente 8 a 9 pollici di larghezza sopra 4 di grossezza; i telai che sono al di dentro hanno 3 pollici; le cornici 4, e gli assicelli un pollice e mezzo.

I telai di finestre ordinarii han 4 piedi di larghezza; si dà un pollice e mezzo sopra due e mezzo ai telai fissi; quando si hanno anche telai d'invetriata, si assegnano ad essi 3 pollici; alle traverse tre pollici in quadrato; un pollice e mezzo a due pollici e mezzo ai battenti delle invetriate; quanto ai regoletti, si dà loro un pollice in quadrato. Alle grandi finestre, i telai fissi e le traverse devono avere tre pollici sopra 4; i battenti delle invetriate 2 pollici di grossezza sopra 3 o 4 di larghezza, e i regoletti un pollice e mezzo.

Coperture di tegole e di lavagna.

Si distinguono ordinariamente tre specie di tegole; la prima è quella di gran forma che ha tre pollici di lunghezza ed 8 di larghezza: la si tiene scoperta per 4 pollici; la seconda è la forma *bastarda*, di cui non faremo parola, perchè oramai fuori d'uso; la terza quella di piccola forma, che ha circa 10 pollici di lunghezza sopra 6 di larghezza, e che si tiene scoperta per 3 pollici: occorrono circa 150 tese di gran forma per fare una tesa quadrata di copertura, e quasi il doppio, cioè 300 tegole di piccola forma.

Il corrente che si adopera per le coperture di tegole, chiamasi corrente quadrato; dev'essere di buona quercia, senza nodi nè alburno; si vende in fasci, e ogni fascio contiene 50 pezzi di correnti lunghi 4 piedi ciascuno. Quando le piane sono distanti un piede le une dalle altre, ogni corrente è inchiodato su quattro piane, con cinque o sei chiodi, e siccome rimangono tre spazj di piane tra le due estremità d'un corrente, si mette un

contro corrente inchiodato di due in due correnti, e la distanza d'un corrente superiore ad un inferiore che i Francesi esprimono colla parole *pureau*, è ordinariamente un terzo dell' altezza della tegola.

Quando si adoperano tegole di gran forma, occorrono circa 30 correnti per ogni tesa quadrata di copertura, e 36 se si adoperano di piccola forma, ed occorrono l'una per l'altra 190 chiodi.

Perchè la tegola sia buona deve esser fatta di grassissima argilla, nè troppo bianca nè troppo rossa, e sì ben cotta, che sospesa ad un filo e battuta; mandi un suono limpido e netto; la cotta meno di fresco è la migliore.

Hanno i Francesi due specie di lavagna, l' una è tolta da Mezieres e da Charleville, l'altra da Angers, molto più stimata della prima; ma in generale la migliore è la più nera, la più lucida e la più solida.

Ad Angers vi sono lavagne di tre specie di grandezza, la prima si chiama gran quadrato forte, e ne occorrono duecento per fare una tesa quadrata, la seconda si chiama gran quadrato fino, e ne occorrono 180 per tesa, la terza si chiama piccola fina, e ne occorrono 340 la tesa.

Si tiene la lavagna al par della tegola scoperta per un terzo della sua altezza; i correnti su cui sono attaccate, son molto più larghi di quelli per la copertura delle tegole, toccandosi quasi l' un con l' altro; si vendono a fasci di 25 cadauno, e che formano in circa una tesa e mezza di copertura.

Per adoperare un migliaio di lavagna, supposto che sia lunga un piede e larga 5 a 6 pollici, occorrono cento cinquanta correnti, 10 a 12 tese di controcorrenti, circa 12 chiodi per attaccare ogni corrente sugli asseri e almeno tre chiodi per ogni lavagna.

Si adoperano le tegole per fare le grondaie delle coperture di lavagna, e per renderle dello stesso colore si pingono ad olio (1).

Il piombo di cui copronsi le cime dei tetti di lavagna deve avere una linea di grossezza e 20 pollici di larghezza, lo si tiene in luogo con uncinetti posti lungo le lastre, a cui ne corrisponde un altro sopra ciascuna piana; la sommità degli abbaini si copre pure di piombo della stessa grossezza; ma non così largo, bastando che abbia sei pollici; quelli che si adoperano per coprir gli occhi di bue sono della medesima specie.

Il piombo dei canali che si mettono sui tetti deve avere una linea e mezza di grossezza e 18 pollici di larghezza, e quello delle lastre sopra questi canali è pure della medesima qualità: bisogna dare ai canali circa un pollice di pendìo per ogni tesa per lo scolo delle acque, canali che si sostengono con uncini posti pure sopra ciascuna piana.

Il piombo del tubo di discesa deve avere due linee di grossezza, e il tubo 3 pollici di diametro; e i loro imbuti pesano ordinariamente 50 a 55

(1) Negli Atti dell'Accademia di Svezia si prescrive un bel modo d' inverniciar le tegole: eccolo. Si frammischino 2/3 di nero fumo, o di carbone pesto con 1/3 di catrame, il quale si deve versare a poco a poco mescolando sempre. Si spalmi l'esteriore di ciascuna tegola con questo intonaco. Quando è seccato, gli si dia una mano di catrame puro più denso del primo, indi un'altra. Quando tutto è asciutto, si copra di minio di piombo stacciato, e si strofina con tale grossolana, finchè cavi il lustro. Questa vernice costa il terzo meno della solita, che s'impiega nelle tegole.

libbre: si sostengono il tubo e l'imbuto con uncini posti di distanza in distanza.

Quando non si vuol fare la spesa d'un tubo per condur le acque sino in basso, si fa un gocciolatoio, che porta l'acqua cinque piedi circa fuori della grondaia, e che sarà sostenuto da un arpione di ferro.

Siccome il piombo si vende a libbra, notisi che un piede quadrato sopra una linea di grossezza pesa cinque libbre e mezza circa, e però conosciuta la grossezza sarà facile conoscere il peso delle lamine di piombo.

Dei vetri.

Il più bel vetro che si adopera in Francia si fa nella foresta di Leonce, vicino a Cherburgo in Normandia; si vende a somma o a paniere, che comprende 24 lastre di vetro, le quali han 30, 32 pollici di diametro; il vetro si vende adesso 25 lire, dopo aver valuto anni sono 50 e 55; ma ne fu ridotto il prezzo con un decreto reale del 1724, e l'ha, come ho detto, tassato a 25 lire.

Quando le lastre sono intiere, di buona qualità ed hanno 30 a 32 pollici di diametro se ne possono cavare 5 piedi quadrati, e però un paniere in cui non vi siano piastre rotte può somministrarne 120 piedi.

Sono per lo più i mercanti di vetro che s'incaricano del trasporto dei panieri di vetro ai diversi luoghi ove i vetraj ne domandano, ed è convenzione generalmente da essi adottata che i mercanti non compensano i vetrai delle lastre che han potuto rompersi in cammino, se non quando se ne siano rotte più di sette: cioè il vetraio deve ricevere il paniere, come se tutte le lastre fossero intere, qualora non ve ne siano di rotte che cinque o sei: ma se le rotte fossero in numero maggiore v'ha un compenso di 20 soldi per lastra.

V'ha ancora un'altra specie di vetro che viene della Lorena, inferiore a quello di Normandia, perchè pieno di bolle e ruvidissimo: ma più grosso del precedente: per la qual cosa viene usato nei luoghi molto battuti dal vento, e di poca importanza. Questo vetro si vende a balla, e in ciascuna balla vi sono 60 lastre di vetro, da ognuna delle quali si possono cavare al più due piedi e mezzo di vetro in quadrato; una balla non ne somministra che 360 piedi quadrati.

Con questi piccoli dati potrà trovarsi il valore d'un piede quadrato di vetro; poichè potendosi sempre sapere quanto si vende il vetro sopra luogo quanto può costar pel trasporto, e quanto può cavarsene da ogni lastra, non ci vuol di più per sapere se il contratto che si vuol stringere, è ragionevole o no.

Per impedire che l'aria non passi tra i vetri e i telai si usa circondar di lastre di piombo i vetri o di un mastice eccellente che una volta applicato si conserva lunghissimamente indurendosi all'aria; eccone la composizione.

Si prende del bianco di Spagna spolverizzato ed impastato con olio di noce e di lino; quando questa pasta è molle press' a poco come creta, si applica con un coltello nelle commessure dei vetri; dove si fa una cornice di circa 2 o 3 linee di grossezza, e siccome questo mastice produce una scarpa, contribuisce a difendere i telai dall'imputridimento; perchè l'acqua che cade

dalle commessure non vi si ferma e scola. Quando questo mastice è secco divien sì tenace, che non è possibile staccare i vetri senza romperli, il che difficulta la rinnovazione di quelli che si son rotti; ma può impedirsi che questo mastice diventi tanto duro con dell'olio di *ravezzone*.

Pavimenti di ciottoli, di mattoni e di quadrelli.

Si adoperano due specie di pavimenti di ciottoli, di cui uno si chiama grosso pavimento, l'altro pavimento di decorazione; il primo può avere 7 od 8 pollici in quadratura; serve per pavimentare le strade; si adopera a secco con sabbia e si batte e si connette a mazzeranga.

Il pavimento di decorazione distinguesi pure in grosso e minuto; il grosso si adopera con molta composta di calce e di cemento, per pavimentare i corsi ed altri luoghi che richiedono qualche attenzione; il pavimento del secondo genere serve nelle fortificazioni per pavimentare le piattaforme delle torri, la parte superiore delle volte dello porte di città, e quel luogo del bastione in cui le volte non son coperte da un edifizio: allora si mettono in opera con molta precauzione adoperando malta di cemento, perchè i ciottoli siano ben uniti gli uni contro gli altri, e dopo averne regolato il pendio, che deve avere per lo meno un pollice per tesa, le acque piovane colano senza che possano fermarsi o introdursi nei loro intervalli.

È difficile calcolare la quantità dei ciottoli che occorrono per una tesa quadrata, dipendendo dalla loro grossezza, che va soggetta ad una grande varietà.

I solai delle caserme si coprono il più sovente con dei mattoni, perchè i quadrelli non durerebbero lungo tempo interi: tal ripiego però carica molto le travi e i travicelli, e però si avrà cura di non scegliere tavole troppo deboli.

Quando si adoperano mattoni di dieci pollici di lunghezza, sopra 5 di larghezza e 2 e 1/2 di grossezza ne occorrono novanta posti a piatto per fare una tesa quadrata, e due terzi circa d'un sacco di calce, e sabbia in proporzione.

Volendosi situare i mattoni in coltello perchè il pavimento riesca più solido, ne occorrono due volte tanto che se posti fossero a piatto, cioè 180 per una tesa quadrata, un sacco di calce e sabbia in proporzione.

Per pavimentare le camere dei padiglioni si adopera quadrelli che possono essere di diversa grandezza e figura: i più comuni son quadrati di sei pollici di lato, gli altri di 8 o 9: di questi ne occorrono sessantaquattro per una tesa quadrata, due terzi o un sacco di calce, e sabbia in proporzione; ve ne son altri di forma esagona, e che servono meglio; i pavimenti più ordinarj di questi ultimi sono di 8, di 6 e di quattro pollici di diametro; quando si adoperano negli edificj che hanno parecchi piani val meglio servirsi dei più grandi al pian terreno, e dei più piccoli agli altri piani, perchè avendo minor grossezza non caricano tanto i solai (55).

(55) V. le Note del Navier.



LIBRO QUINTO

DEGLI ORNAMENTI ARCHITETTONICI

L'arte di ornar gli edifizj è tanto utile ed interessante che ho creduto dover darne un trattatello che contenesse succintamente le massime più accreditate de' migliori architetti. Molti non prestano a tal parte dell' architettura grande attenzione, ma se si pensa che solo colla conoscenza degli ordini architettonici può acquistarsi il buon gusto e quella grazia che tanto si addice anche alle opere rustiche, si vedrà che nascono mille occasioni per farne uso, come per le porte di città, e gli edificj militari in generale, occorrendo necessariamente certi principj, per regolare secondo le regole i profili del cornicione, ed anche quelli della menoma cornice.

Vi sono delle cose che non si possono ignorare senza vergogna: non si sa perdonare ad un uomo di proposito di non conoscere nè punto nè poco la favola o la storia; che si direbbe poi se un ingegnere non sapesse distinguere l' ordine toscano dal corintio?

Quantunque io abbia seguito Vignola a preferenza a cagione della estrema facilità delle sue misure, non per questo ho tralasciato di togliere da altri come Vitruvio, Palladio, Scamozzi, Chambray, Perrault, Blondel, Davilerre ec., quanto mi è sembrato opportuno: nè come lui ho voluto limitarmi alla descrizione dei cinque ordini; ma ho voluto accompagnarli con tutte le regole generali che possono avervi rapporto.

Quantunque la parola ordine possa applicarsi a una farragine di cose diverse, gli antichi l' han appropriato singolarmente all' architettura, per esprimere l' armonia di parecchie parti che fanno un tutto aggradevole al-

l' occhio (1); e siccome le modanature e gli ornamenti che si adoperano possono essere posti in uso in diversi modi, ed in maggiore o minor quantità, gli ordini furon ridotti a cinque: cioè il Toscano, il Dorico, l' Jonico, il Corintio e il Composito.

I Greci che hanno inventati gli ordini non ne hanno mai avuto altri che tre: il Dorico, l' Jonico e il Corintio. I due altri cioè il Toscano e il Composito, furono immaginati dai Romani, che non se ne son però valsi moltissimo, e han dato sul Composito sempre la preferenza al Corintio.

Si pretende che immaginando il Composito i Romani vi sieno stati indotti dalla confusione che si è introdotta nell' architettura gottica.

Per dire una parola dell'origine degli ordini, si crede che il Dorico tragga la sua origine da Doro, che fu il primo a servirsene in un tempio da lui eretto in Argo ad onor di Giunone, e che se ne sia poi costruito un altro in Delo ad Apollo, nella quale occasione si immaginarono i triglifi per rappresentar la lira di cui questo Dio era l' inventore (2).

La storia non ne dice positivamente chi sia l' autore dell' Ordine Jonico. Si sa solamente che un tale ateniese chiamato Jono, fu scelto da quelli della sua nazione per essere capo di tredici colonie che furono spedite nell'Asia minore, ove si stabilirono nella Caria, chiamata Jonia per far onore a Jono che ne avea fatto la conquista e che avea fatto edificare tredici grandi città, la più considerevole delle quali era Efeso, ove si innalzò un tempio a Diana, di Ordine diverso dal Dorico. E siccome questo tempio ebbe in seguito molta riputazione, forse perchè lo stesso distrutto da Erostrato, si diè al disegno con cui fu fabbricato il nome d' ordine Jonico per contrassegnare la provincia in cui era nato.

Vitruvio parlando dell' Ordine Corintio, dice che fu inventato da Callimaco, scultore ateniese, che stava allora vicino a Corinto, città considerevolissima della Grecia d' onde quest' ordine fu detto Corintio. Altri pretendono che il Corintio tragga la sua origine dal tempio di Salomone (3). Sia quel che vuolsi bisogna convenire che il Corintio è il capo d' opera dell'architettura.

I Romani presero d' altri ordini quel che lor parve più bello e formarono il Composito. La sola Toscana non volendo chiarirsi debitrice di nulla, a suoi più fieri nemici i Greci, inventò l'ordine che ha poi conservato il suo nome (56).

Ho dato agli Ordini quel posto che lor meglio conviene, benchè non indicato da un' assoluta necessità; attenendomi al Vignola, comincierò dall' Ordine Toscano e parlerò poi del Dorico, del Jonico, del Corintio e del Composito.

(1) L' ordine è un composto di colonna e di cornicione.

(2) Il P. Villalpando dice che quest' ordine sia disceso dalle nuvole, e Sturmio asserisce che Salomone lo abbia impiegato nel suo palazzo.

(3) Così dice anche il padre Villalpando, quello stesso che ha fatto discender dal cielo l' Ordine Dorico.

(56) V. le Note del Navier.

Spiegazione dei termini propri agli Ordini d' Architettura.

Cimasa (*Doucine*, *cimaise* o *gueule*), membro il cui contorno ha una sinuosità che gli fa cangiare il nome a norma della sua situazione: quando la parte più alta è concava, chiamasi gola dritta (*gueule droite* o *doucine*), quando è convessa, chiamasi gola rovescia (*gueule renversée* o *talon*).

Listello, filetto (*Listeau, filet, ourlet*) è una piccola fascia posta fra membro e membro per separarli ed impedire che si confondano.

Ovolo, echino (*Ove, quart de rond* o *èchine*) è un membro, il contorno del quale è un quarto di cerchio, ed una delle parti essenziali degli ornamenti.

Corona, gocciolatojo (*Couronne, lamier* o *gouttiere*) è un membro della cornice che serve a far colare le acque lontano dal muro; chiamasi sottogrondale il piccolo risalto che pende in basso.

Modiglioni (*Modillons*). Specie di mensole, che si pongono nelle cornici sotto il gocciolatoio e fanno ufficio di reggerlo; gli antichi se ne servirono per rappresentare teste di travi.

Astragalo, fusarolo, tondino (*astragale, chapelet*) piccolo membro tondo, il contorno del quale ha ordinariamente la figura d' un mezzo cerchio, intagliato di figure simili a piccioli globetti o baccelletti o grillette o avemmarie.

Dentello (*Denticule*) membro quadrato, a foggia di dente, adoperato ordinariamente nella cornice jonica e nella corintia. Vitruvio chiama *metopa* (i Francesi *metoche*) lo spazio tra dentello e dentello.

Triglifo, trisolco (*Trigliphe*) ornamento usato nel fregio dell' ordine dorico composto di tre listelli separati da due canaletti.

Metopa (*Metope*) spazio tra due triglifi, di forma ordinariamente quadrata.

Soffitto (*Soffite, plafond*) palco che si fa sotto l' ultima copertura o letto degli edifizj, o sotto altro palco per abbellimento e per comodo; dicesi anche soffitto d' un architrave o d' una corona.

Fregio (*Frise*) uno dei principali ornamenti; posto fra la cornice e l'architrave; fu chiamato fregio perchè gli ornamenti che vi si fanno rassomigliano a ricami.

Architrave (*architrave*). Prima parte del cornicione che posa immediatamente sopra le colonne o pilastri, o pure anche chiamasi semplicemente con tal nome il sopracciglio delle porte e delle finestre; l' architrave ben considerato, rappresenta, travi che appoggiate alle loro estremità, portano sulla loro lunghezza parti di facciata o tutt' altro corpo innalzato verticalmente; così l' architrave è in un' ultima analisi ciò che si chiama corrente (*sabliere* o *poitrail*).

Abaque (*abaque*), membro che nell' ordine corintio rappresenta il corpo che copriva il paniere intorno a cui si innalzavano le foglie d' acanto che han fatto immaginare il capitello di quest' ordine; gli artefici francesi lo chiamano *tailloir*.

Voluta (*volute*) ornamento, che è parte essenziale del capitello jonico; è formata a foggia di spirale, ed è stato immaginato dagli antichi per imitare le ciocche di capelli che si assettan le donne da una parte e l'altra del volto.

Cateto della voluta (*Cathete de la volute*). Linea perpendicolare che passa pel punto di mezzo della voluta (*l'oeil de la volute*) e serve a descriverla ed a determinarne l'altezza; pongonsi altresì piccole volute ai capitelli corintii, ma queste chiamansi spirali (*helices*).

Garbe (*Galbe*). Dicesi che una parte d'architettura termina con *garbo* quando si dilata in alto con grazia a guisa delle foglie d'un fiore.

Fusto, tronco (*Fust* o *tige*) d'una colonna, chiamasi il corpo della colonna compresa tra la base e il capitello.

Scanalature (*Canelures*). Strisce longitudinali rappresentate su di una colonna per mezzo di incisioni praticatevi; queste scanalature si fanno a canto vivo (*vive-arête*) nell'ordine dorico; ma non sono approvate, perchè troppo deboli e troppo soggette per conseguenza a rompersi.

Scapo (*Escape, congé* o *retrait*) membro concavo che unisce il vivo della colonna colla base o col capitello.

Base di una colonna (*Base*) è la parte su coi è appoggiata.

Toro (*Tore*) è una specie di grosso anello nella base d'una colonna, che sembra rappresentare i cerchi di ferro di cui si afforzano le estremità dei tronchi d'alberi, che servono a sostenere qualche corpo pesantissimo.

Scozia (*Scotie*) è la parte incavata tra due tori, che i Francesi chiaman *nacelle* a cagion della sua cavità; si chiama cavetto la metà della scozia.

Plinto (*Plinthe*) è un membro quadrato e piatto che alcuni chiamano orlo od orletto: si trova sempre nelle basi delle colonne.

Piedestallo è un corpo quadrato di figura parallelepipeda che serve a reggere una colonna od una statua sopra del pian terreno; il piedestallo ha la sua base e la sua cornice, e il corpo paralellepipedo che sta fra queste due parti è chiamato tronco o dado del piedestallo.

CAPITOLO PRIMO

Modanature e loro ornamenti.

V'hanno due specie di modanature: cioè le quadrate e le tonde. Le quadrate son fatte con linee rette, le tonde con archi di cerchio o altre linee curve. Di queste modanature ve ne hanno di grandi e di piccole; le grandi son le cimase, gli ovoli, le gole rovescie o dritte i tori e le scozie: le piccole sono i listelli, gli astragali e gli scapi. Le piccole modanature servono a separare e a coronare le grandi per dar loro maggiore rilievo e distinzione. Le une e le altre si disegnano differentemente, secondo la distanza da cui devono essere vedute, poichè da tale distanza dipendono gli aggetti e le riseghe che loro si danno.

Le più belle modanature son quelle il cui contorno è perfetto, come il quadrante circolare e il cavetto, che si disegnano col mezzo d'un quarto di circolo, come può vedersi nelle figure 6, 7, 8. Tav. XXXVI. La gola rovescia e la cimasa

segnate dalle figure 9, 10, 11 e 12, hanno molto buon garbo. Per tracciarle bisogna sapere che si dà a queste quattro modanature tanto aggetto quanto è la loro altezza, cioè che A B = B C, e che condotta la linea A C si divide in due nel punto F; su ciascuna parte eguale C F, ed F A, come basi si costruisce un triangolo equilatero l'uno in fuori e l'altro in dentro per avere i punti D ed E che servon di centro per descrivere due archi di circolo, che compongono insieme la sinuosità di queste modanature fig. 9 e 10 l'una dritta e l'altra rovescia; le cimase o gole rovescie espresse dalle figure 11 e 12 si diseguan pure per mezzo del triangolo equilatero con questa differenza però che l'arco di cerchio G H che corrisponde alla parte sporgente G è convesso, e l'altro che corrisponde alla parte rientrante I è concava, invece che nelle altre figure si ha tutto il contrario.

Il contorno degli astragali si fa ordinariamente coi due quarti o due terzi della circonferenza d'un circolo, invece che il grosso e piccolo toro son fatti da un'intera circonferenza come si vede alle figure 3 e 4. Quanto alla scozia e al falso toro, figure 5 e 13 non v'ha, credo, alcuna regola geometrica per segnare la concavità dell'una e la convessità dell'altro: spetta a coloro che fanno modelli il dare a queste modanature tali profili che non producano un effetto disaggradevole.

Per avere dei bei profili, bisogna guardarsi dal non caricarli di modanature e non ripeterne di simili immediatamente l'una dopo l'altra; perciò bisogna alternarle di quadrate e di rotonde, in modo che le grandi siano separate dalle altre con delle piccole modanature che le facciano risaltare col loro reciproco confronto. Di queste grandi modanature bisogna che ve ne siano di quelle che dominano, come il gocciolatoio nella cornice, che è la principale modanatura, scansando principalmente l'eguaglianza delle modanature nei profili: per la qual cosa si fanno di diversa altezza, e per dare a tal proposito alcune regole generali, si avrà cura che una modanatura, che ne corona un'altra, abbia al più per altezza la metà di quella che sta al di sotto ed almeno il terzo. Così il filetto su l'astragalo e l'astragalo sotto l'ovolo, non devono essere minori del quarto nè sorpassare il terzo dell'ovolo. Ma tali proporzioni, appariranno di più profili che spiegheremo in appresso (57).

Quanto agli ornamenti bisogna saperli disporre con scelta e con gusto: perchè siccome vi sono delle parti naturalmente ornate, a cagione della bella unione delle loro modanature, sarebbe a temere che aggiugnendovi qualche cosa ne derivasse confusione anzichè buona grazia. Bisogna guardarsi che gli ornamenti convengano al genere degli edifizj, e fare in modo che siano naturali, non immaginarj, grotteschi e bizzarri. La natura somministra oggetti quanti se ne vogliono senza che sia necessario far lavorare la immaginazione. I fiori, gli animali, i frutti sono in copia bastante per variare i soggetti: tutto sta nel collocarli ai luoghi che lor meglio si addicono, ed in ciò come nel resto l'architettura antica è sempre ammirabile.

Per evitare la confusione bisogna che gli ornamenti sieno interrotti, cioè che tra due modanature ornate ve ne sia una liscia e soda; e quando si trovano due modanature in uno stesso profilo, bisogna ornarle differente-

(57) V. le Note del Navier.

mente per amore della varietà, facendo in modo che ogni parte decorativa sia ornata con proporzione procurando che le interamente nude si alternino colle altre arricchite a profusione. Gli ornamenti devono convenire agli ordini; i più ricchi devono solo essere adoperati nel Corintio e nel Composito e i meno ricercati nell'Ionico. Quanto al Toscano e al Dorico le modanature devono corrispondere alla semplicità di questi due ordini. L'aggetto degli ornamenti poi dipende dalla grandezza delle modanature e dal punto da cui saran vedute, notando che quelli del profilo nell' interno dell' edificio, abbiano minor aggetto di quelli all'esterno. Bisogna osservare che gli ornamenti devono essere come applicati sulle modanature sporgenti, senza che ne diminuiscano la grossezza, quando queste modanature son piccole come gli astragali. Ma nei quarti di cerchio e ai grossi tori, che sono grosse modanature devono essere scolpiti all'indentro, altrimenti l'opera sarebbe massiccia e pesante. Si fa al contrario per le modanature incavate come i cavetti e le scozie, i cui ornamenti devono essere applicati sul nudo del loro contorno, e non scolpiti dentro, perchè così vedonsi distintamente.

Gli ornamenti in generale possono dividersi in due specie: quelli della prima chiamati significativi servono di simbolo a far conoscere l'edifizio. Per esempio se si trattasse d'un monumento alzato alla gloria d'un eroe, è naturale il rappresentarvi alcuni tratti delle sue gesta, il che può farsi solo sul fregio, occorrendo per questi bassirilievi uno spazio conveniente.

Gli ornamenti della seconda specie sono quelli che propriamente non hanno alcuna caratteristica importanza, come gli ovoli, i fiori, le frutta ec. e una infinità d' altre cose che dipendono dal gusto e dalla scelta; per altro se questi ornamenti non sono con accorgimento adoperati, i profili diventono grossolani e confusi, anzichè ricchi e piacevoli.

Per dare alcuni esempj degli ornamenti posti in opera con maggior successo alle differenti modanature di cui abbiamo parlato, abbiam qui uniti sulle Tavole XXXVII e XXXVIII, parecchi disegni ai quali si potrà ricorrere ad un bisogno.

CAPITOLO SECONDO

Come si distinguano i cinque ordini.

Per dare un' idea degli Ordini a chi non li conoscesse e agevolare il modo di distinguerli, prima di tutto, mi pare bisogna mostrare in che differiscano questi diversi ordini ed a qual segno si potrà riconoscerli.

Nelle Tavole XXXVI, XXXVII e XXXVIII, si vedono i cinque ordini riportati di seguito.

Il Toscano si distingue da ogni altro per la sua semplicità.

Il Dorico si conosce pei triglifi che servono ad arricchire il fregio, ed è il solo Ordine ove si trovi quest' ornamento.

L' Ionico si distingue per le sue volute che accompagnano il capitello delle colonne.

Il Corintio ha il capitello ornato di foglie d'acanto, ed è il più ricco d' ogni altro ordine precedente.

Il Composito partecipa dell' Ionico e del Corintio, avendo le volute del primo e le foglie del second' ordine.

Vi son molti edifizj, i quali tuttochè manchino di colonne ed anche di pilastri, assumono il nome di qualche ordine, perchè basta abbiano delle parti che ne contrassegnino il carattere. Queste parti sono il cornicione, la sommità, le grandi porte ec. Per esempio quando si vedono dei triglifi nel cornicione d' una facciata, può dirsi che questa facciata, è secondo l' ordine dorico, e così degli altri.

Per dare una idea meno superficiale degli ordini, aggiugnerò che ognuno è generalmente composto di tre parti, che sono il piedestallo, la colonna e il cornicione, e che ognuna di queste parti ne contiene tre altre. Per esempio quelle del piedestallo sono la base, il plinto e la cornice, quelle della colonna, la base, il fusto e il capitello, e quelle del cornicione, l'architrave, il fregio e la cornice.

Siccome le altezze del piedestallo e del cornicione dipender devono da quella della colonna, Vignola per stabilire una regola generale che potesse indifferentemente applicarsi a qualunque ordine, dà per altezza al piedestallo il terzo di quella della colonna e al cornicione, il quarto. Così divisa l'altezza della colonna in dodici parti, se ne prendon quattro pel piedestallo e tre pel cornicione e da questa regola si cava un modo facilissimo di distribuir la facciata: perchè tutte le volte che è data un'altezza, non si ha che a dividerla in diciannove parti eguali, e allora le quattro parti in basso servono per piedestallo, le tre superiori pel cornicione, e le dodici intermedie per l'altezza delle colonne.

Qualche volta la decorazione delle facciate manca di piedestallo alle colonne: in tal caso Vignola divide l'altezza data in cinque parti eguali, quattro delle quali servono per l'altezza della colonna, e la quinta determina quella del cornicione.

Siccome in tutti gli ordini la proporzione delle piccole parti deve dipendere da quella delle più grandi, tutti gli architetti tanto antichi quanto moderni han preso per unità di misura comune il semidiametro della colonna, che han chiamato *modulo:*

Ma siccome per dare alle colonne maggior vaghezza non si fanno cilindriche, benchè sempre di sezione orizzontale circolare, e però possono avere parecchi diametri, è necessario il sapere come il diametro che serve di modulo sia quello che corrisponde all'imoscapo della colonna.

I cinque ordini crescendo sempre gradatamente in bellezza ed in ornamenti è necessario crescer pure a gradi a gradi in bellezza ed in delicatezza. Per esempio le colonne doriche han minor grossezza rispetto all'altezza delle toscane, e le ioniche minor grossezza rispetto all'altezza delle doriche, e così delle altre; e però Vignola dà alle colonne toscane quattordici moduli d' altezza, alle doriche sedici, alle ioniche diciotto, alle corintie ed alle composite venti, dando a questi due ordini la stessa al-

tezza, quantunque alcuni ne assegnino una maggiore al composito. Dopo ciò, trovato quale altezza si debba dare alla colonna, rispetto alla facciata ed al luogo in cui dev'essere posta, seguendo la regola del Vignola, sarà facile averne il diametro, e conseguentemente il modulo, poichè non si avrà che a dividere l'altezza della colonna in tante parti eguali quanto è il numero dei diametri che la compongono, e divisa ona di queste in doe si avrà il modulo.

Ogni ordine ha il suo modulo particolare, che è più o meno grande, secondo che, l'ordine di cui si tratta, è pesante o leggiero. Ora per rendere più intelligibile una tal cosa, supponiamo che si tratti di decorare una facciata secondo l'ordine dorico, bisogna misurarne l'altezza dal pian terreno sino al luogo in cui deve terminarsi la sommità della cornice del cornicione, e dividere questa altezza in diciannove parti di cui, qualunque sia l'ordine, dodici devono essere per la colonna; e queste dodici parti considerate come una sola grandezza, devono dividersi io otto eguali, una delle quali sarà il diametro della colonna: quindi la metà di questo diametro sarà il modulo per determinare le proporzioni dell'ordine dorico, relativamente alla facciata che si vuol decorare. Ora conosciuta in piedi ed in pollici l'altezzs di questa facciata, si potrà pure, volendosi, riferire la grandezza del modulo alle misure ordinarie e sapere conseguentemente quanti pollici contenga, quantunque a ben considerarla la cosa sia inutile, giacchè, come ho detto, questa misora è tutta particolare agli ordini.

Tutte le misure che si adoperano in società essendo state divise in parecchie parti, per le ragioni che tutti sanno, gli architetti han pur diviso il loro modulo in un numero di parti eguali, gli uni più gli altri meno, a seconda della maggiore comodità, costretti che furono a determinare la grandezza delle modanature e delle altre piccole parti, perchè avessero tra loro certe proporzioni che ad essi convenissero, rispetto all'armonia che deve regnar nell'insieme, e Vignola offre su gli altri il vantaggio, che le parti del suo modulo non sono per nulla imbarazzanti. Divide dunque per l'ordine toscano e dorico il modulo in dodici parti eguali, e per gli altri tre ordini in diciotto.

CAPITOLO TERZO

Dell' ordine Toscano.

Nell' ordine toscano il fusto della colonna ha per altezza dodici moduli, e la sua base e il suo capitello uno ciascuno, che fa in tutto quattordici modoli, come abbiam detto nel capitolo precedente, di cui quattro moduli e otto parti son per l'altezza del piedestallo, otto moduli e sei parti per quella del cornicione, e però tutta l'altezza della facciata o se vuolsi

dell'ordine, è di ventidue moduli e due parti, supposto già sempre diviso il modulo in dodici parti.

Piedestallo Toscano.

Si dà mezzo modulo o sei parti all' altezza della base del piedestallo, delle quali cinque sono per lo zoccolo e l' altra pel listello; l'aggetto del plinto è di quattro parti del listello di due. Quanto alla larghezza del piedestallo o del tronco, è di due moduli e nove parti, e la sua altezza di tre moduli è otto parti.

L'altezza della cimasa è eguale a quella della sua base, cioè di sei parti, quattro delle quali si assegnano alla gola e due al listello tutto l'aggetto è di quattro parti, di cui per la gola, tre e mezzo, una e mezza pel regoletto che è al di sopra.

Colonna Toscana.

Questa colonna ha due moduli all'imoscapo e un modulo e sette parti al sommoscapo, perchè va dall'inbasso all'alto diminuendo, e questa diminuzione è di due parti e mezzo da ciascun lato.

La base della colonna ha dodici parti, sei pel plinto, cinque pel toro, e una per l'anello; l' aggetto del plinto e del toro è di quattro parti e mezza da ciascun lato; quello dell'anello d'una parte e mezza; quanto al tondino e al collarino che sono alla sommità del fusto della colonna, l'altezza del secondo è d'una mezza parte, quella del primo d'una parte, l' aggetto di quest' ultimo di una parte e mezza da ciascun lato.

L'altezza del capitello essendo di dodici parti come quella della base, il fregio ne ha quattro, il listello una, l' ovolo tre, l' abaco tre, e il listello uno; la larghezza del fregio è d' un modulo e sette parti, e conseguentemente non ha aggetto al di sopra della sommità della colonna; tutta la larghezza dell'abaco è di due moduli e cinque parti; e il suo aggetto di cinque parti da ciascun lato, compreso il listello che è al di sotto; l'aggetto dell'anello è di una parte da ciascun lato.

Cornicione Toscano.

L' altezza del cornicione toscano, essendo, come ho detto di tre moduli e mezzo, o di 42 parti, l' architrave ne ha 12, compresa la sua lista che ne ha 2; il fregio 14; la cornice che comprende l' ovolo, il tondino, due listelli, il gocciolatojo, e una gola 16; di cui la gola ne ha 4, il listello superiore 1/2, il gocciolatoio 6, il listello superiore 1/2, il tondino sotto l' ovolo uno, e l' ovolo 4; il fregio e l' architrave non hanno aggetto, dovendo l' uno e l' altro corrispondere al vivo in alto della colonna. La cornice aggetta però di 18 parti tutto compreso, ed ogni membro in particolare di tanto quanta è la sua altezza, fuorchè il gocciolatojo che sporge di 9 parti, compreso il filetto che sta al di sotto, quantunque sia alto solamente sei parti. Si scava ordinariamente nel gocciolatojo un canale per dare maggiore sveltezza all' opera e per impedire che l' acqua non vada a cadere sul fregio.

Volendo adoperare l'ordine toscano senza piedestallo bisognerebbe dividere l'altezza data in cinque parti eguali, quattro delle quali per l'altezza della colonna compresa la sua base e il capitello, e per l'altezza del cornicione uno. Ora divisa l'altezza della colonna in quattordici parti eguali una di queste servirà di modulo. Così il fusto della colonna avrà ancora 12 moduli, uno per uno la base e il capitello e siccome il quarto di quattordici è tre e mezzo, ne segue che la cornice avrà ancora tre moduli e mezzo d'altezza, e che tutto l'ordine ne avrà 17 e mezzo.

Il signor Chambray, parlando dell'ordine toscano, dice che la sola colonna senza architrave merita d'essere posta in opera; fa poi la descrizione della colonna Trajana, di cui nota l'eccellenza, e che crede aver servito di regola alla colonna Autonina e ad un'altra che fu innalzata in Costantinopoli ad onore dall'Imperator Teodosio. Quest'ultima è delle più belle non solo perchè è bene proporzionata, ma pei bassirilievi che la adornano dal basso all'alto, rappresentate il trionfo di questo imperator sugli Sciti.

Secondo Phelibien però la colonna Trajana non fu la prima innalzata ad onore degli uomini grandi. Vedeasi a Roma una colonnetta Toscana su la quale stava la figura d'un corvo, con questa parola al di sotto (*Corvinius*), il che sembra indicare come questa colonna sia stata innalzata a Valerio Massimo, che alla presenza dell'armata de' Galli e dei Romani, accettò la disfida d'un gigante uscito dalle file nemiche, da lui poi vinto e combattuto col soccorso d'un corvo che venne a posarsi sulla sua testa, il che fe' prendergli il soprannome di *Corvinius*. Ora siccome secondo la storia Romana pubblicata dai Reverendi Padri Catrou e Rouille, della Compagnia di Gesù, questo memorabil fatto avvenne l'anno 404 della fondazione di Roma, si vede come questa colonna sia più antica che la Trajana.

Tav. XXXVI, fig. 15.

Ordine Toscano.
A. Piedestallo
B. Base.
C. Fusto della colonna.
D. Capitello.
E. Architrave.
F. Fregio.
G. Cornice.

fig. 16.

A. Piedestallo.
I. Plinto.
K. Toro.
L. Imoscapo.
M. Fusto.
N. Collarino.
O. Tondino.
P. Fregio del Capitello.
Q. Ovolo.
R. Abaco.
S. Architrave.
T. Fregio.
V. Cavetto.
X. Gola dritta.
Y. Gocciolatoio.
Z. Cimasa.

CAPITOLO QUARTO

Dell' Ordine Dorico.

L' altezza della colonna di quest' ordine, compresa la base e il capitello, è secondo il Vignola di 16 moduli, un terzo de' quali, cioè 5 moduli e 4 parti pel piedestallo, un quarto per l'altezza del cornicione, che sarà conseguentemente di 4 moduli.

Piedestallo Dorico.

Il piedestallo dorico deve essere moduli cinque, e un terzo in altezza di cui 10 parti per la base e 6 alla cimasa.

Delle 10 parti della base, se ne assegnano 4 allo zoccolo, due e mezzo al plinto, 2 alla gola, una all' astragolo, ed una e mezza al listello.

L' aggetto dello zoccolo è di 4 parti e mezzo, quello del plinto di 4, della gola di tre e mezzo, dell' astragalo di due, del filetto di una, e la larghezza del dado di due moduli e 10 parti.

Delle sei parti che compongono l' altezza della corniee, se ne dà una e mezza alla gola, 2 e mezza al gocciolatoio, una mezza al regoletto.

L' aggetto della corniee è eguale alla sua altezza, cioè di 6 parti, dunque di una e 1/2 per la gola, 3 pel gocciolatoio ed una e mezza pel filetto e l' ovolo al di sotto.

Cornicione Dorico.

L' altezza del cornicione essendo di 4 moduli o di 48 parti, se ne dà 12 all' architravo, 18 al fregio, e 18 alla cornice; e siccome questo cornicione è ornato di parecchie parti, che vogliono essere ben dettagliate, perchè vengano eseguite con precisione, faremo in modo di non trascurar nulla.

Le goccie o campanelle al di sotto del triglifo, son sempre in numero di sei, disposte in modo da occupare tutta la larghezza; queste goccie che son fatte appuuto come campanelle, ed aggettano tanto quanta è la loro altezza, cioè una parte e 1/2, son coronate da un listello che ha per altezza una mezza parte, al di sopra del quale v' è un altro listello di due parti che ha l' aggetto di una; i triglifi han tutta l' altezza del fregio cioè 18 parti; la loro larghezza è di 12, con due canaletti, ognuno di due parti separati da tre spigoli, che hanno pure due parti di larghezza ed una di sporto, accompagnati da ciascuna parte da un mezzo canale; lo scavamento dei canali è ad angolo retto; la loro altezza è di 16 parti. Soggiugnerò che la distanza da un triglifo all' altro è ordinariamente eguale alla altezza del fregio: questo spazio che chiamasi metopa s' orna di figure ed emblemi, talvolta anche fantastici, ma semplici sempre.

Di diciotto parti che comprende la cornice, 2 si assegnano pel capitello dei triglifi, 2 per la gola, 1/2 pel listello che sta al di sopra, e 2 per la fascia coi dentelli, al di sopra della quale sta un ovoletto d'una mezza parte; la larghezza dei dentelli è di due parti, il loro intervallo d'una parte e mezza; il gocciolatoio di 4, la gola di 2 1/2, il filetto 1/2 lo sguscio di 3, e il listello superiore di una parte.

Tutto l'aggetto della cornice è di 24 parti; 6, per l'aggetto complessivo del capitello dei triglifi, della gola, del listello coi triglifi e dell'ovoletto; il gocciolatoio 14, notando, che i dentelli son quadrati al basso, tanto sporgenti quanto alti; le altre modanature poi hanno un aggetto eguale alla loro altezza.

Per lo più tagliasi il soffitto del gocciolatojo, per praticarvi un canale e alcune campanelle, che lo ornano e lo fanno più leggiero.

Vitruvio non fa differenza tra il capitello dorico e il toscano: quanto alle misure si contenta solo di aggiugnervi alcuni ornamenti per farlo meno nudo; ma Vignola e gli altri architetti venuti dopo non hanno seguita questa conformità, e han dato presso a poco al capitello dorico le belle proporzioni che abbiamo qui riportate.

Vignola ha tolto dal teatro di Marcello il disegno dell'ordine dorico, che abbiam portato ad esempio, sul qual proposito d'Aviler nota che tale monumento non fu di Vitruvio, come molti pretendono, giacchè questo architetto era contemporaneo di Augusto. Ma ciò poco importa; si osservi solamente, che Vignola non si è semplicemente attenuto alle proporzioni del teatro di Marcello, ma vi ha fatto que' cangiamenti che ha creduti più opportuni: per esempio, scorgendo che la cornice non era alta abbastanza, aggiunse alcune modanature al di sotto del gocciolatoio, in modo da rendere l'altezza della cornice eguale a quella del fregio, la qual cosa le dà maggior grazia e sveltezza; inoltre il capitello dei triglifi fa parte della cornice e non del fregio, cosa contraria affatto ai disegni che abbiamo di questo teatro.

Vignola riporta ancora un altro cornicione dell'ordine dorico, tolto a Roma da parecchi antichi frammenti, e che posson vedersi sulla tavola XLVII. È poco diverso da quello di cui abbiam parlato; la differenza principale consiste nella mancanza in quest' ultimo di dentelli.

Tav. XXXVI. fig. 19. Ordine Dorico.

A. Zoccolo, B. Dado, C. Cornice } del piedestallo.
D. Plinto.
E. Toro.
F. Scozia.
G. Toro.
H. Imoscapo.
I. Scanalatura del fusto di colonna.
L. Sommoscapo.
M. Collarino e Tondino.
N. Fregio del Capitello.
O. Tre listelli.
P. Echino.
Q. Abaco.
R. Cimasa.
S. Seconda fascia dell' architrave.
T. Prima fascia dell'architrave.
V. Gocce o Campanelle.
Y. Triglifo.
Z. Metopa.
a. b. Capitello del Triglifo.
c. Ovolo.
d. Gocciolatojo.
e. Incavo praticato nella soffitta della cornice.
f. Testa di lione per lo scolo dell' acqua.
g. Gola.
h. Cimasa.

CAPITOLO QUINTO

Dell' ordine Jonico.

Abbiam già detto, nel secondo capitolo, che i triglifi erano membri appartenenti particolarmente all' ordine dorico e che servivano a farlo riconoscer dagli altri, nello stesso modo che le volute del capitello Jonico erano particolari di quest' Ordine; soggiugnerò che le volute furono dagli antichi considerate, siccome ricci increspati di capelli pendenti a destra ed a sinistra del capo delle donne greche, e che le scanalature delle colonne erano fatte ad imitazione delle pieghe delle lor vesti. Altri autori non sono dello stesso avviso, e credono rappresentar le volute la parte avvoltolata de' guancialetti che fingonsi posti sulla testa delle cariatidi, sia come più vuolsi, l' ordine Jonico fu sempre dai Greci e dai Romani considerato siccome un simbolo del bel sesso (1).

Piedestallo Jonico.

L'altezza del piedestallo che è di 6 moduli si divide in modo che tanto la base quanto la cornice abbiano un mezzo modulo, sicchè poi restino cinque moduli pel dado del piedestallo.

La base è composta d' un plinto di 4 p., di un listello di 2/3 p., d'una gola di 3 p., e d' un astragalo di 3 p. e 1/3.

L' aggetto del plinto è di 8 parti, quello del listello di 7, e quello del centro dell' astragalo di 6.

La larghezza del dado dev' essere di 2 m. e 14 p. Le sue modanature sono il listello inferiore e il superiore, il primo di una parte ed il secondo di due.

Le modanature della cornice sono l' astragalo che ha una parte, l'ovolo che ne ha tre, il gocciolatoio che anch' esso ne ha tre, la gola 1 e 1/3, e il listello 1/3 soltanto; l' aggetto di tutta la cornice è di 10 parti, quello del gocciolatoio di 8, e quello dell' alto dell' ovolo 5.

(1) . . . . . *basi spiram supposuerunt pro calceo, capitulo volutas, uti capillamento concrispatos cincinnos praependentes dextra ac sinistra collocaverunt, et cymatiis et encarpis pro crinibus dispositis, frontes ornaverunt: truncoque toto strias, uti stolarum rugas matronali more demiserunt; ita duobus discriminibus columnarum inventionem, unam virili sine ornatu nudam specie, alteram muliebri subtilitate, et ornatu symmetriaque sunt imitati....* ... vi aggiunsero sotto anche la base ad imitazion della scarpa, nel capitello le volute quasi ricci increspati di capelli pendenti a destra ed a sinistra, e con cimase e serti distribuiti in luogo di capelli ne ornarono gli aspetti: per tutto il fusto vi incavarono i canali a similitudine delle pieghe delle vesti delle Matrone. Così trovarono due diverse specie di colonne, una imitando l' aspetto virile senza ornato, l' altra colla delicatezza d' ornato e proporzione femminile. VIT.

Colonna Jonica.

La base della colonna è alta un modulo, ed è formata dal plinto che ha 6 p., dell'orlo che ne ha 1/4, della scozia che ha 2 p., d'un altro anello di 1/4, poi di due astragali l'uno sull'altro immediatamente di una parte ciascuno, poi ancora di un anello di 1/4 e di una scozia di 2. p. un listello d' 1/4, il tutto terminato da un toro di cinque parti.

Tutto l'aggetto della base è di 7 parti da ciascun lato, perchè la larghezza o il fronte del plinto sia la stessa della fronte del piedestallo che abbiam detto essere di 2 moduli e 14 p.; l'aggetto dell'orlo che è sul plinto è di 6 p. e 1/2, quello dei due astragali e del toro di 5, e quella del listello che è sotto il toro, di 2 e mezza.

L'altezza del fusto della colonna è di 16 moduli e 6 parti; il listello od orlo al di sotto col suo cavetto una parte e mezza, il tronco della colonna 16 m. ed una parte e mezza, l'orlo al di sotto col suo cavetto una parte, e l'astragalo 2 parti.

L'aggetto degli orli è di 2 parti e quello dell'astragalo di tre; la larghezza della colonna al basso è di due moduli che si conduce a mo' di cilindro sino a un terzo dell'altezza, dal quale punto comincia ad insensibilmente rastremarsi sin sotto l'orlo superiore, ove la sua larghezza è ridotta ad un modulo e 12 p., perchè la diminuzione sia di 3 p. da ciascun lato.

Volendosi scanalare la colonna ionica (Tavola XL, fig. 6) si farà la pianta del fusto, cioè si descriverà un cerchio avente per diametro due moduli, poi se ne dividerà la circonferenza in 24 parti eguali e divisa ognuna di queste in cinque, questa quinta parte segnerà la grossezza dei listelli della scanalatura e le altre 4 parti determineranno l'incavo praticato nel vivo della colonna in forma di mezzo cerchio, che avrà per diametro la corda dell'arco compreso dalle residue quattro parti medesime. Le sue modanature son condotte dal piede della colonna sino al di sotto dell'orlo superiore, sicchè le linee salienti seguon sempre tra esse il contorno della diminuzione della colonna, per avvicinarsi colla stessa proporzione; così la colonna riesce con buon effetto scanalata, e secondo le regole della buona Architettura con 24 scanalature ed altrettante listelli eguali, ciascuna ad un quarto della larghezza dell'incavo, quantunque possano essere più grandi, purchè non siano mai maggiori del terzo nè minori del quinto dello stesso incavo, limiti che gli antichi si prefiggeano nella loro scanalatura.

Capitello Jonico.

Il capitello si fa alto dodici parti non compreso lo sporto della voluta; le sue modanature son l'ovolo di 5 p., la piattabanda dei cuscinetti delle volute di tre, il listello di una, la cimasa di 2 e il regolo dell'abaco di 1.

Tutto l'aggetto dell'ovolo è di 7 p., quello dell'abaco 5, le spire della voluta 4 e 1/2, quello del fondo della piattabanda delle volute sopra l'ovolo 6 1/2.

La perpendicolare (fig. 3 e 8) o cateto CD dell'occhio delle volute passa pel mezzo AB, di tutto l'aggetto dell'abaco; la sua lunghezza GD sotto l'abaco è di 16 parti, e il centro E dell'occhio si prende su la nona, sic-

chè vi sono 9 parti da F in E e 7 da E in D. Si vedrà poi come possan trovarsi nell'occhio della voluta, i centri che servono a formarla, come pure quelli che danno gli archi della voluta interna.

Tutta la faccia o larghezza dell'abaco è di due moduli e 4 parti, quella delle volute di 2 moduli ed 11 parti, come può vedersi nella fig. 8 della Tav. XXXIX, che rappresenta tutto il capitello, veduto al di sotto. La larghezza della faccia dei lati del capitello è di un modulo e 17 parti; quella della fascia che sta tra i balaustri, o che attacca i cuscinetti delle volute sui lati è di 6 parti, con un listello d'una parte da un lato all'altro: essa comincia sotto la gola dell'abaco, da cui insensibilmente discende su la parte dell'ovolo che abbraccia con un piacevol contorno sino sull'orlo superiore del fusto delle colonne, da cui risale arrotondandosi in dentro sull'astragalo per venir a perdersi al di sotto dell'ovolo. Le estremità dei balaustri son chiuse in un bindello od orlo, che ha 2 parti di larghezza; finalmente si scolpiscono degli ovoli nel toro che corrispondono al vivo delle scanalature.

Scamozzi fa il capitello jonico diverso da quello di Vignola, come può vedersi dalla settima figura della quarantesima tavola, e dalla nona della trentesima nona; ecco la spiegazione che ne dà lo stesso Scamozzi nel Capo XXIII del sesto libro della sua Idea dell'Architettura Universale, ove dopo aver descritto il capitello comune jonico continua di questo modo.

» Ora mostreremo la pianta e l'impiedi di un altro capitello jonico, parte imitato dall'antico, e parte tolto da Vitruvio, e nel resto inventato e posto in uso da noi; il quale, siccome è differente da tutti i capitelli formati fino ai nostri tempi per l'abaco cavato, e le volute o angulari, le quali fanno aspetto eguale nelle fronti e ne' lati, cosa che non fanno i capitelli con le volute in fronte, essendochè egli ha qualche corrispondenza con il capitello romano: così in tutte le sue parti riesce molto più regolato e bello da vedere, e di questa sorte gli abbiamo posti nella maggior parte delle nostre fabbriche.

» La sua pianta si forma in un quadrato d'un modulo e un terzo per faccia: nel quale si tirano le sue diagonali e le diametrali che incrociano, e lo dividono in otto parti eguali. Con quel centro si segna la circonferenza della grossezza del di sopra della colonna, diminuita per il sesto, quello del listello e del suo tondino.

» Poi sulle diagonali dal centro verso i quattro angoli per ogni verso, si segna a squadro un modulo meno un ottavo, che in tutto fanno un modulo e tre quarti: e queste sono le estremità delle quattro corna, le quali sono larghe due parti e tre quarti; e coi loro otto angoli toccano i lati del quadrato. E con l'allargatura da angolo ad angolo delle corna, fatto un triangolo equilatero, si segni la curvatura nelle fronti e ne' lati dell'abaco, che sarà di cavo due diciottesimi e mezzo di modulo: di maniera che tra l'una e l'altra curvatura dell'abaco viene appunto un modulo ed un diciottesimo, come dicemmo nel passato, e così può servire facendo l'abaco quadro.

» Nel mezzo di tutte quattro le parti delle curvature dell'abaco va posto un fiore largo un quinto di modulo: cioè di tre parti e due quinti delle diciotto. Le volte su i quattro angoli, con la loro larghezza di sette parti dal tondino in fuori fino all'estremo delle corna, e l'une e l'altre sono grosse due parti e tre quarti verso le fronti; ma s'allargano alquanto più

all' iodentro: e così scansano il vuovolo tra le volte, e sotto a' fiori vi gira il vuovolo, il quale sporge per ogni faccia mezza parte più in fuori della curvatura dell' abaco; e questo è quanto alla piaota.

» L'altezza di questo capitello con le volute è 9 parti, e 5/8 di diciotto del piede della colonna, de' quali ci servimmo nel suo compartimento. L' abaco è in fronte un modulo ed 1/3: la sua altezza è una parte e 5/8, i quali si danno all' orlo per più sodezza: il suo cimasio è una parte, e tanto egli ha di sporto tutto intorno. Sotto all' abaco è il listello della voluta di mezza parte: ed una parte e mezza viene l'altezza del cavo della voluta, la quale posa sopra il vuovolo.

» Il vuovolo è 2 parti dal cavo della voluta in giù, e termina sopra al tondino e sommo della colonna: il suo maggior diametro è un modulo e 1/9, e però da tutte le parti esce mezza parte fuori della curvatura dell'abaco. Il tondino dal vuovolo in giù è alto una parte, e sta alla dritta dell' occhio della voluta: sotto di esso è il listello alto 2/5 di parte; e queste sono due membra del sommo della colonna; e però debbono girar sempre libere dietro alle volute: le quali avanzano due parti e 3/5 dal listello in giù.

» Le volute dell'abaco in giù sono alte otto parti, lunghe sette parti, e larghe due parti, e 3/4 (quanto le corna): nascono nelle fronti, e ne' lati a canto a' fiori tra l'abaco, ed il vuovolo, e si vanno involgendo sotto le corna. Di rincontro del tondino si forma l'occhio della voluta d' una parte, e si segna il suo diametro, e perpendicolo: e nell'occhio si fa un quadrato di mezza parte per lato, paralello alle due linee incrociate.

» Le diagonali di questo quadrato si dividono in sei parti uguali, che fanno in esse 12 centri per girar la voluta (ed in questo fa bisogno star molto avvertiti) i centri angolari tra essi sono distanti mezza parte, quanto il quadretto: i secondi un 1/3 di parte: ed i più interni un 1/6 di parte: e tanto scema, e cava la voluta ne' tre giri per ognuna delle dodici quarte.

» Dal centro sin sotto all'abaco la voluta ha quattro parti e mezza: al di fuori quattro (e stanno a perpendicolo con l' estremo delle corna nell' abaco): allo in giù tre e mezza: al di dentro tre ed al fine del primo giro restano due parti e mezza, e così ha scemato due parti; cioè mezza per ogni quarta: come dice Vitruvio. Nel secondo giro scema una parte ed 1/3: cioè 1/3 di parte per quarta: e nell' ultimo giro scema solo 2/3 di parte: che viene 1/6 per quarta, intanto che sono in tutti tre i giri appunto quattro parti, che tanto è dall'abaco in giù; e così finisce sopra all'occhio».

Cornicione Jonico.

L' altezza dell' architrave si fa d'un modulo e quattro parti e mezza: si danno quattro parti e mezza alla prima piattabanda, sei alla seconda, sette e mezza alla terza, tre alla gola ed una e mezzo al listello.

La prima banda corrisponde al vivo della colonna, l'aggetto di ciascuna delle due altre è d'una parte, il listello e la gola ne han cinque.

Il fregio ha per altezza un modulo e mezzo, si fa a piombo e corrisponde al vivo dell' alto della colonna, al pari della prima piattabanda: vi si possono intagliare degli ornamenti composti di figure, di fiori o di foglie.

L' altezza della cornice è d' un modulo e tredici parti e mezza, le sue modanature sono composte prima d' una gola che ha quattro parti, del re-

goletto che ne ha una, della fascia dei dentelli che ne ha 6; d'un listello che ha una mezza parte, d'un astragalo d'una parte, dell'ovolo che ne ha 4, d'un gocciolatoio che ne ha 6, d'una gola al di sopra che ne ha due, d'un listello che ne ha una e mezza, della cimasa che ha cinque parti e della fascia che ne ha una e mezza.

Tutto l'aggetto della cornice è di 31 parti, quello della fascia è di cinque, a cui bisogna aggiugnere quattro parti per l'aggetto dei dentelli, quattro e mezza per quello dell'ovolo, dieci per quello del gocciolatojo, due e mezzo pel listello, e cinque per l'aggetto della fascia.

L'altezza dei dentelli si fa di sei parti, la loro larghezza di 4 sopra altrettanto di aggetto, e spaziati di due parti: sull'alto del vuoto di questo intervallo, si lascia in dentro un regolo che ha per altezza una parte e mezza.

Quando si formano delle foglie sulla scarpa delle cimase, degli ovoli nel toro e dei grani d'olivo, o delle avemmarie negli astragali, si devono fare in modo che gli olivi corrispondano a piombo sotto gli ovoli, e gli ovoli sotto i dentelli, come pure i fusti delle foglie della cimasa.

Modo di tracciare la voluta jonica.

Molti dotti architetti hanno insegnato dei metodi con cui disegnare la voluta jonica, per darle quella bella forma che notasi nei capitelli antichi.

Vignola ne dà due soluzioni diverse, di cui la pratica è facile, ma poco esatta, al pari di molte altre di cui non farò menzione.

Porterò qui frattanto la costruzione della voluta di Goldman, che si descrive geometricamente al pari del listello e della voluta interna.

Determinata (Tav. XLI, fig. 4) la grandezza del modulo che deve servire a regolare l'ordine jonico, lo si dividerà come ho detto in 18 parti eguali. Si condurrà una linea A B alla quale si assegneranoo 16 di queste parti, poi si prenderà su di essa una parte A E = 9 p. Questo punto sarà il centro dell'occhio della voluta, e per avere quest'occhio, si descriverà un cerchio, che avrà per centro il punto E, e per raggio una parte e però il diametro C D sarà di due parti, C A di 8 e D B di 6, siccome prescrive il Vignola.

Ciò posto si dividano i semidiametri E C ed E D, in due parti eguali ai punti 1 e 4, e sulla linea 1 4 che sarà eguale al raggio, si costruisca un quadrato, il cui lato 2 e 3 toccherà la circooferenza del cerchio; si conducan le linee E 2, E 3, si divida la 1 e 4 in 6 parti eguali per avere i punti 5, 9, 12, e 8. Dopo che, su la linea 5 e 8 si farà il quadrato 5, 6, 7, 8, e su la linea 9, 12 il quadratello 9, 10, 11 e 12; allora si avranno tre quadrati e quindi dodici angoli retti che daranno 12 centri di cui ci serviremo, dopo aver prolungati i lati dei quadrati indefioitamente, siccome vedremo.

Per segnare il contorno della voluta, bisogna dal centro 1 con intervallo 1 A, descrivere il quarto di cerchio A F, dal centro 2 con intervallo 2 F il quarto di cerchio F L; dal centro 3 con intervallo 3 L il quarto di cerchio L O, dal centro 4 con intervallo 4 O, il quarto di cerchio O Q, dal centro 5 con intervallo 5 Q, il quarto di cerchio Q G, dal centro 6 con intervallo 6 G il quarto di cerchio G I, dal centro 7 con intervallo 7 I il quarto di cerchio I N, dal centro 8 con intervallo 8 N il quarto di cer-

chio NR, dal centro 9, con intervallo 9R il quarto di cerchio RH, dal centro 10 con intervallo di cerchio 10H, il quarto di cerchio HK, dal centro 11 con intervallo 11K il quarto di cerchio KM, finalmente dal centro 12 con intervallo 12M, l'arco MS, che andrà ad incontrare la circonferenza dell' occhio della voluta.

Per descrivere il contorno interno bisogna prendere la retta AP, eguale ad una parte di modulo, poi cercare alle linee CA, CP una quarta proporzionale che sarà facile a trovarsi, perchè siccome la linea CP = 7/8 EA, quella che si cerca deve essere 7/8 Ej, perchè gli antecedenti abbiano un egual rapporto coi loro conseguenti. Ciò posto se si considera il quadrato 1, 2, 3, 4 della 3 figura, che ho riportato più in grande si vedrà la linea E*j*, che ho supposto eguale a 7/8 della E 1. Ora se dall'altro lato del punto E si prende la parte E*m* eguale ad E*j*, si avrà la linea *jm* che bisogna dividere in 6 parti eguali come si è fatto per la linea 1, 4 e fare su le sue basi *jm*, *eh* ed *ab* i quadrati *jklm*, *efgh*, *acdb*, i cui dodici angoli retti daranno ancora 12 nuovi centri, che serviranno a costruir la voluta interna che si vede punteggiata su la figura. Perchè, supposto per un momento che i quadrati di cui ho parlato sien collocati sul diametro dell' occhio della voluta, si comincierà dal descrivere un quarto di cerchio, avente per centro il punto *j* e per raggio l'intervallo *ip*, allora questo quarto di cerchio andrà a terminare sul prolungamento del lato *jk*, come si è fatto dapprima, poi dal punto *k* che servirà di secondo centro, si descriverà un altro quarto di cerchio che avrà per reggio l'intervello del punto k al luogo in cui il primo quarto di cerchio andrà a terminarsi sul prolungamento di *jk* e si continuerà in tal modo a descrivere tutti gli altri contorni come si è fatto la prima volta, poichè la costruzione è la stessa; la sola differenza sta in ciò che i quadrati che danno i centri dell'una, son più grandi di quelli che danno i centri dell'altra.

Tavola XXXVII. Ordine Ionico.

figura 5.

A. Zoccolo.
B. Base. } del piedestallo.
C. Dado, abaco o timpano } del piedestallo.
D. Cornice o Cimasa. } del piedestallo.
E. Plinto della colonna secondo Vitruvio.
F. Seconda scozia.
G. Astragali o tondini.
H. Prima scozia.
I. Toro o bastone.
L. Fascia o listello.
M. Vivo della colonna.
N. O. } Scanalatura della colonna.
P. Echino con l'astragalo, tondino o fusarolo al disotto dell'ovolo.
Q. Canale della voluta.
R. Voluta.
S. Occhio della voluta.
T. Cateto della voluta.
V. Abaco.
X. Prima, seconda e terza faccia, o banda dell' architrave.
Y. Cimasa dell'architrave.
Z. Fregio.
a. Scozia.
b. Ovolo.
c. Modiglioni.
d. Cimasa dei modiglioni.
e. Gocciolatoio.
f. Gran cimasa.

CAPITOLO SESTO

Ordine Corintio.

Mettiam qui l'ordine Corintio prima del Composito, come se fosse inferiore a quest'ultimo, ma lo facciamo per uniformarci al Vignola; perchè se no sarebbe più naturale il mettere il Composito, immediatamente dopo l'Ionico, come fanno Scamozzi e Chambray, che hanno considerato a ragione l'ordine Corintio, siccome il più perfetto e dilicato.

Vignola dà venti moduli d'altezza alla colonna dell'ordine corintio, compresa la sua base e il suo capitello, divide ancora il modulo in diciotto parti come nell'ordine precedente e segue press'a poco le stesse proporzioni pel cornicione e pel piedestallo: cioè dà al cornicione cinque moduli d'altezza che è precisamente il quarto della colonna; ma invece di prendere il terzo di quest'altezza pel piedestallo che dovrebb'esser qui di sei moduli e dodici parti lo fa un po' più alto dandogli sette moduli, per conseguenza sei parti di più che non dovrebbe avere, e si è senza alcun dubbio attenuto a un tal metodo per far comparire ancor più delicato quest'ordine e rendere più aggradevole la proporzione del piedestallo, facendo in modo che il dado sia doppio della larghezza, come vedremo.

Piedestallo Corintio.

Facendosi il piedestallo alto sette moduli, si assegnano dodici parti alla base e quattordici alla cornice, e rimangono così cinque moduli e dieci parti per l'altezza del dado; e siccome la larghezza dello stesso dado deve essere di due moduli e quattordici parti, perchè riesca eguale a quella del plinto della base della colonna, vedesi, come ho detto, che l'altezza del dado è doppia della sua larghezza.

Di dodici parti che determinano l'altezza della base del piedestallo, se ne assegnano quattro al plinto, tre al toro, una al listello, tre alla gola, una all'astragalo, e tutto l'aggetto è di 8 parti. Quanto alle modanature del dado, son formate di due listelli alti ciascuno una parte; di questi listelli ve ne ha uno in basso e un altro in alto; quello del basso fa che la larghezza del dado trovisi ridotta, come abbiam già detto a due moduli e quattordici parti.

Di quattordici parti, che deve avere la cornice del piedestallo, se ne dà una all'astragalo, cinque al collarino, una al listello, un'altra ad un secondo astragalo, un all'ovolo, tre al gocciolatoio, una e un terzo alla gola, e 2/3 di parte al listello superiore; l'aggetto è di 8 parti, come quello della base.

Colonna Corintia.

La base di questa colonna è alta un modulo; le sue modanature sono il plinto di 6 p., il toro inferiore di 4, il listello 1/4, la scozia al di sotto 1 e 1/2, il listello 1/4, l'astragalo inferiore una mezza parte, un'altra mezza parte l'astragalo superiore, un altro listello 1/4, la scozia superiore una mezza parte, il listello 1/4, finalmente il toro superiore 3 p. L'aggetto è di 7 p.; in tal modo la larghezza del plinto riesce di 2 m. e 14 p., eguale per conseguenza a quella del dado del piedestallo, come abbiam già detto.

L' altezza del fusto della colonna è di 16 m. e 12 p.: le sue modanature son l'orlo in basso col suo sdrucciolo, che è di una parte e mezza, l'orlo in alto pure col suo sdrucciolo, che è di una sola parte, terminata da un astragalo che ne ha due.

La larghezza della colonna al basso è di due moduli, ridotta in alto ad un modulo e 12 parti; sicchè la diminuzione è di tre parti da ciascun lato, e acciò l'astragalo che termina la colonna corrisponda al vivo della medesima al basso, gli si dà 3 piedi di aggetto.

L' altezza del capitello corintio si fa di due moduli e 6 p.; si danno due moduli al vaso, paniere o tamburo, e sei parti all'abaco; le foglie di cui è coperto il tamburo hanno pure le loro proporzioni; le più corte son alte 9 p. dalla loro origine sino al punto in cui s'incontra il lor vertice curvato, e i loro estremi ripiegati, tre; le altre foglie che stanno al di sopra di queste le sormontano di 9 p., cioè son alte 18 parti dopo l'astragalo, e i loro estremi curvati son pur di tre parti; finalmente le foglie medie che escono dai gambi posti negli intervalli delle grandi foglie, han quattro parti; l'orlo del vaso ha per altezza due parti. Le volute che stan sotto gli angoli o corna dell'abaco sono alte otto parti dal di sotto della loro rivoluzione sino al di sopra dell' orlo del tamburo. L'abaco ha, come abbiam detto, per altezza 6 p., di cui se ne danno tre al plinto, una al listello, e due al cimazio: la larghezza della campana o tamburo è la stessa di quella della colonna, e deve essere quindi di un modulo e dodici parti, e in alto di due moduli e sei parti; tutta la lunghezza della diagonale dell'abaco è di quattro moduli, l'aggetto del plinto di quattro parti, il listello ne ha due e mezza di più; la larghezza delle corna dell'abaco è di quattro parti. Per l' aggetto delle volute e delle foglie, bisogna che le une e le altre tocchino una linea condotta dall'estremità del cimazio all'orlo del tamburo; quanto alla curvatura che forma l' infossamento dell' abaco, si fa con una porzione di cerchio, che ha per centro il vertice del triangolo equilatero, la cui base è eguale alla distanza del mezzo d'un corno dell'abaco all'altro.

Le foglie di questo capitello son sempre in numero di 16, di cui ve n'ha otto a ciascuna fila, ogni foglia si divide in sette o nove mazzetti, cui si danno due od una parte e mezza da ciascun lato per formare le curvature: qualche volta questa curvatura si fa di tre mazzetti quasi interi tagliati secondo la natura della foglia.

Queste foglie or sono d'acanto, or d'olivo e di petrosillo; ma quando l'ordine corintio è molto alto, son preferibili le foglie d'olivo, perchè essendo piatte e ricevendo meglio la luce delle altre di più dilicato lavoro, possono più distintamente essere vedute a grande distanza.

Quando si fanno queste foglie, bisogna avere una cura tutta particolare di disegnarle di buon gusto, guardare che foggiandole a mazzetti questi non sian troppo divisi, ma che tutti insieme formino una sola foglia che non divenga troppo stretta verso l'alto, e che ciascun mazzetto tenda a trovare la sua origine verso il basso dal lato del mezzo, altrimenti le foglie non hanno nè grazia, nè bellezza.

Cornicione Corintio.

L'altezza di questo cornicione è di cinque moduli, di cui se ne dà uno e nove parti all'architrave, altrettanto al fregio, e due moduli alla cornice; le modanature dell'architrave sono la banda al di sotto che ha cinque parti, l'astragalo una, la banda del mezzo sei, la gola dritta due, la banda superiore sette, l'astragalo una, la gola dritta due, il regolo una; un'altra gola dritta quattro, e un listello 1; tutto l'aggetto dell'architrave è di cinque parti, di cui se ne prendono tre per quello della gola dritta, tre e mezzo per quello della banda al di sopra, quattro e mezzo per quello della banda di mezzo.

L'altezza del fregio è pure d'un modulo e nove parti; la banda o area del fregio ha un modulo e sette parti e mezzo; il listello col suo sdrucciolo ha una mezza parte, e l'astragalo ne ha una intera; l'aggetto di questo astragalo è di due parti.

Le modanature della cornice son la gola dritta che ha tre parti, il listello sotto i dentelli una mezza parte, la banda dei dentelli sei, il listello al di sopra una mezza, l'astragalo una parte, l'ovolo quattro, il listello sotto i modiglioni una mezza parte, la fascia ove sono i modiglioni sei parti, la gola una e mezza, il gocciolatoio cinque, l'altra gola che vien dopo una e mezza, il listello una mezza, il cimazio superiore cinque parti, e finalmente il listello che termina il tutto, una. L'aggetto di tutta la cornice è di due moduli e due parti; si assegnano cinque parti a quello del listello; e di queste bisogna levarne una e mezza per aver quello dei modiglioni; il listello sotto i modiglioni ne ha diciasette e mezzo, da cui se ne levano quattro e mezzo per quello dei dentelli. La lunghezza dei modiglioni è di sedici p., la loro larghezza di otto, il loro intervallo di sedici; la larghezza d'ogni dentello è di quattro, e il loro intervallo di due parti.

Tav. XXXVII. Ordine Corintio.
fig. 6 e 7.

A. Zoccolo della base. } del piedestallo.
B. Base. } del piedestallo.
C. Dado o timpano. } del piedestallo.
D. Cornice. } del piedestallo.
E. Plinto o orlo della base della Colonna.
F. Toro o Bastone inferiore.
G. Scozia o Cavetto coi due Astragali o tondini al di sopra.
H. Toro o Bastone superiore.
I. Astragalo colla cintura o listello al di sopra.
L. Vivo o fusto della colonna.
M. Astragalo.
N. Foglie.
O. Fiori.
P. Timpano del capitello.
Q. Abaco.
R. Rosa.
S. Faccia dell'architrave.
T. Fregio.
V. Cornice.

CAPITOLO SETTIMO

Ordine Composito.

Pare che gli antichi architetti, non abbiano avuto alcuna regola determinata pel Composito: Vitruvio, spiegate le dimensioni del Corintio, dice alla fine del primo Capitolo del suo quarto libro, che vi sono altri capitelli di diversi nomi che si sovrappongono alle stesse colonne, ma di cui non si possono indicare le proporzioni, nè dar loro nome d' ordine perchè, presi del Dorico, dal Jonico e dal Corintio si cangiano ad essi le modanature per farne di nuove. Così dice presso a poco (1); e da ciò può conchiudersi che al tempo che questo autore scriveva, l'ordine Composito non era separato dagli altri, ma dipendea del gusto e del capriccio di coloro che non voleano esattamente imitare i tre ordini greci, e prendeansi la libertà di praticarvi tutti quei cambiamenti che la loro immaginazione poteva ad essi suggerire. E però gli architetti han creduto sanissimo avviso a stabilire qualche cosa di certo per l' ordine composito, il misurare attentamente alcune delle opere più belle dell' antichità, che di quel genere ci sono rimase, a servirsene di modelli nel determinarne le proporzioni; adottando inoltre i membri e le modanature le più dilicate e i più gentili ornamenti.

Vignola non fa differenza tra le misure generali di quest'ordine e quelle del Corintio, dando ancor 20 moduli di altezza alla colonna composita, compresa la base e il capitello, 7 al piedestallo, che è un po' più del terzo della colonna, per le ragioni che abbiamo già vedute, e cinque al cornicione, che è sempre un quarto della colonna; e però solo nelle particolari misure delle modanature e nella figura del capitello quest' ordine differisce dal Corintio.

Piedestallo Composito.

La base del piedestallo è di dodici parti, delle quali se ne dan quattro al plinto, tre al toro, una al listello, tre alla gola, ed una al cordone: tutto l'aggetto è di otto parti.

(1) *Sunt autem quae iisdem columnis imponuntur, capitulorum genera variis vocabulis nominata, quorum nec proprietates symmetriarum, nec columnarum genus aliud nominare possumus: sed ipsorum vocabula traducta et commutata ex Corinthiis, et Pulvinatis, et Doricis videmus, quorum symmetriae sunt in novarum scalpturarum translatae subtilitatem.* — Sonovi delle altre specie di capitelli, che si pongono sopra l'istessa colonna, e benchè chiamati con diversi nomi, pure non possiam dire che formino proporzioni diverse e ordine diverso di colonne; anzi veggiamo che traggono, benchè con qualche cambiamento, i nomi o da Corintj o da Ionici o da Dorici, perchè sono le stesse proporzioni di questi, arricchite solamente da nuove invenzioni di sculture.

L' altezza del tronco di piedestallo è di cinque moduli e dieci parti, e la sua larghezza di due moduli e quattordici parti; le sue modanature sono la fascia superiore e la inferiore che hanno ciascuna una parte.

L' altezza della cornice del piedestallo è di quattordici parti, delle quali se ne dà una all' astragalo, cinqoe al collarino o al fregio, una al semicavetto, 2/3 al listello, una e un terzo alla cimasa, tre parti al gocciolatoio, una e 1/2 alla gola e due terzi all' altro listello; l' aggetto poi è eguale a quello della base che è di otto parti: il soffitto del gocciolatoio è incavato al di sotto da un canale.

Vi sono degli architetti che pongono dei riquadri aggettanti o incavati al dado dei piedestalli, senza considerare il carattere dell' ordine: questi, per dir vero, producono un bell'effetto, ma bisogna badare che non devono aver aggatto fuorchè negli ordini toscano e dorico, perchè per gli altri tre ordini devono essere incavati: notisi però che gli antichi non han posto questa specie d' ornamento ai piedestalli del dado, temendo forse che non provenisse da ciò nocumento alla solidità.

Colonna Composita.

La base della colonna è ancora d' un modulo o diciotto parti, sei delle quali si danno al plinto, quattro al toro inferiore, 1/4 al listello, 2 parti alla scozia inferiore, 1/4 all'altro listello, una mezza all'astragalo, un quarto al regoletto, una e mezza alla scozia superiore, un quarto all'altro regoletto e tre parti al toro superiore; l'aggetto è di sette parti da ciascun lato; il plinto in fronte è di due moduli e quattordici parti, toltene tre parti e tre quarti per l' aggetto del toro superiore, per quello dell' astragalo 4 e 1/2, e cinque per quello del listello.

Il fusto della colonna è alto sedici moduli e dodici parti, le sue modanature sono l'orlo inferiore che ha una parte e mezza, il tronco ha sedici moduli e sette parti e mezza, l' orlo superiore una parte e l'astragalo due; la grossezza del piede della colonna è due moduli, e ridotto dall' alto a un modulo e dodici parti, sicchè la diminuzione è di tre parti da ciascun lato: l' aggetto dell' orlo inferiore è di due parti, quello del superiore d' una parte e mezza, e quello dell' astragalo di tre, perchè corrisponda al vivo della colonna.

L' altezza del capitello è di due moduli e sei parti, come al corintio; il tamburo ha due moduli e l'abaco sei parti; i membri del tamburo sono le foglie basse alte 9 parti; la loro curvatura tre, le seconde foglie nove, la loro curvatura tre, lo spazio delle rosette quattro, l' orlo una mezza, l'astragalo una e mezzo, l'ovolo 4 parti, l'orlo della campana due: i membri dell'abaco sono il plinto, il gocciolatoio che ha 4 parti, il listello una mezza, l'ovolo una e mezza, l'altezza delle volute 16 parti, dal punto di contatto delle seconde foglie sino al listello dell'abaco; gli aggetti dipendono dalla pianta e dal profilo sulla diagonale come al corintio, sul quale bisogna condurre una linea dal canto dell'ovolo dell'abaco sino all' astragalo del fosto della colonna, che determinerà quello delle foglie, e se si conduce una parallela alle modanature dell'abaco pel punto in cui la linea dell'altezza della voluta è divisa, sicchè si lascino nove parti al di sopra e sette al di sotto, e che si prendano su questa linea all'interno otto parti, cominciando dal

punto in cui taglia quella che determina gli aggetti, si avrà il centro dell'occhio della voluta che si descriverà come l'Ionica, con questa differenza soltanto che le ioniche son rette o piatte sulle due facce anteriori e posteriori dal capitello, invece che queste seguono il contorno dell'infossamento delle quattro faccie del capitello. Quanto alla struttura della pianta e del contorno dell'infossamento dell'abaco è lo stesso come al corintio: l'aggetto dell'ovolo sul vivo dell'alto della colonna ha 6 parti; quello dell'astragalo 3, e quello dell'orlo una e mezza; la fronte delle corna dell'abaco è di 6 parti, la sua larghezza diagonale è di 4 moduli, di cui si levano quattro parti da ciascun lato pel gocciolatoio dell'abaco, e due e mezzo pel listello; la larghezza del fior di mezzo è di 8 parti.

Cornicione Composito.

L'architrave ha un modulo e 9 p., delle quali otto si assegnano alla prima fascia, due alla gola, dieci alla seconda fascia, una all'astragalo, tre all'ovolo, due e mezzo al semicavetto, una al listello; l'aggetto ha 7 parti, da cui se ne levano due pel piede del semicavetto, e cinque per la seconda fascia.

Il fregio ha un modulo e 9 parti, su le quali se ne assegna una e mezza al listello, ed una al cordone o all'astragalo.

La cornice ha 36 parti, delle quali cinque si assegnano all'ovolo, una al listello sotto ai dentelli, otto alla fascia dei dentelli, quattro alla gola, una al listello, una e mezza all'ovolo, cinque al gocciolatoio, una all'astragalo, due alla gola, una al listello, cinque alla cimasa, e una e mezza alla fascia: l'aggetto è eguale all'altezza, cioè ha due moduli, da cui si devono levare cinque parti per quella del listello, e otto pel gocciolatojo, e di queste, dieci pel listello; l'aggetto della banda dei dentelli ha quattordici parti, quello del listello sotto i dentelli otto, e quello del piede dell'ovolo due. Sotto la soffitta del gocciolatojo si scava un canale, il cui contorno deve seguire quello dell'ovolo al di sotto, e lasciare all'esterno una fascia larga due parti; la fronte dei dentelli è di sei parti e il loro intervallo di tre; nel fondo degli intervalli si lascia una fascia sotto la gola scavata a metà, e sostenuta da due piccoli tori.

Si fanno delle scanalature alle colonne corintie e composite, come per l'ionico, cioè in numero di ventiquattro e foggiate nello stesso modo; alle volte in queste scanalature per renderne i lati meno fragili e meno soggetti a rompersi si praticano certi ornamenti che assomigliano a corde o a bastoni. Per esempio quando si fanno colonne o pilastri scanalati senza piedestalli e piantati sul pian terreno o almeno sì poco elevati che si possano toccare con la mano, bisogna porre questi bastoni tra le loro scanalature fino ad un terzo dell'altezza, per fortificare i lati che altrimenti si guasterebbero ben presto.

Questi che furono dapprima immaginati per utilità han poi dato origine agli ornamenti che arricchiscono le scanalature. Sicchè in luogo di tali ornamenti forti e semplici, se ne fanno qualche volta di leggerissimi; si lavorano in figura di nastri attortigliati, di foglie, di avemmarie. Ma non devono essere praticati che nelle colonne o pilastri di marmo, che son fuori della portata della mano.

Bisogna che il numero delle scanalature sia minore quando si fanno

questi ornamenti per svilupparli di più: sicchè in vece di 24 che si praticano ordinariamente al corintio, non se ne usano che venti e ogni spigolo non ha che un quarto della larghezza della scanalatura. Si dispongono questi ornamenti in diversi modi o facendoli uscire dalla canna della lunghezza del terzo del fusto, come alle colonne joniche delle Tuileries, ed è il miglior modo, o spaziandole senza canne come quando non ve n'ha che un ramo in ciascuna scanalatura, un altro al terzo o alla metà, un terzo all'alto, o finalmente a mazzolini alternativamente posti nelle scanalature.

Spiegazione delle seguenti tavole.

Tav. XXXVII. fig. 1. Gola dritta | 2. Mezzo toro | 3. Cimasa dorica | 4. Gola rovescia | 5. Incavo } co' suoi ornamenti.

Tav. XXXVIII. fig. 1. Gola dritta co' suoi ornamenti.
2. Cornicione e Colonna composita scanalata.
3. Falso Toro | 4. Astragalo } co' suoi ornamenti.
5. Trabeazione composita.
G. Modiglioni.
H. Rosoni.
6. Toro | 7. Modanatura a semicuore } co' suoi ornamenti.
8. Arco composito.
A. Imposta.
B. Archivolto.
C. Chiave.
D. Pilastro scanalato.
E. Capitello del Pilastro.
F. Base del Pilastro.
9. Meandro per le modanature piatte.
10. Colonna Torsa con ornamenti.

Tav. XXXIX. fig. 1. Piedestallo e base della colonna Toscana.
2. . . . . Dorica.
3. . . . . Jonica.
4. . . . . Corintia.
5. . . . . Composita.
6 e 7. Basi Attiche o Atticurghe.
8. Capitello Jonico del Vignola.
9. Capitello Jonico dello Scamozzi veduto al di sotto.

Tavola XL. fig. 1. Capitello e Cornicione Toscano.
2. . . . . Dorico.
3. . . . . Jonico.
4. . . . . Corintio.
5. . . . . Composito.
6. Scanalature ornate.

Osservazioni sui cinque Ordini in generale, seguite dalla spiegazione di alcuni frammenti de' più begli edifici antichi di Roma.

Se crediamo al sig. Chambray, l'ordine Toscano deve essere impiegato soltanto alle case di campagna, cioè ne' luoghi rustici e campestri; è vero che al modo con cui l'han trattato Vitruvio e Palladio e alcuni altri non offre nulla di straordinariamente allettevole, ma stando al Vignola presenta delle bellezze che possono dargli qualche pregio.

L'ordine Dorico può dirsi il primo che i Greci abbiano inventato; la sua composizione è nobile e grande; i suoi triglifi che fanno l'ornamento del fregio han qualche cosa di gentile e di severo; ne' più antichi monumenti che si son innalzati di quest'ordine le colonne erano senza base, nè saprebbe darsene sì di leggieri una ragion sufficiente. Vitruvio crede che essendo fatta ad imitazione d'un uomo nudo forte e nerboruto, come sarebbe un Ercole, la colonna non debba aver base, volendo che sia la base per la colonna quel che sarebbe una scarpa per l'uomo; ma confesso che confrontando la colonna ad un uomo mi si desta piuttosto per la colonna senza base l'idea d'un uomo senza piedi non senza scarpe, sicchè mi piace il supporre che gli antichi architetti, quando così conformavano le colonne doriche, non avessero ancora concepito il pensier delle basi.

Vitruvio pretende che le colonne joniche sien fatte ad imitazione d'una giovinetta con assettati i capegli, e di svelta corporatura: i Romani le adoperavano particolarmente ne' tempj o nei luoghi ove era amministrata la giustizia. Quanto alla base loro assegnata da Vignola, sembrami di cattivo gusto, il grosso toro che la termina facendo un cattivo effetto su gli astragali e i cavetti che stanno al di sotto. Gli antichi vi ponevano ordinariamente una base attica, simile a quella rappresentata dalla figura 7 della Tavola XXXIX, della quale, siccome può essere indistintamente adoperata nei tre ultimi ordini, ed è più bella di tutte le altre del Vignola, darò ora le proporzioni, perchè se ne possa ad un bisogno far uso.

L'altezza della base è di un modulo al solito: le sue modanature sono il plinto di 6 p., il toro inferiore di 4 e 1/2, il listello inferiore 1/2, la scozia 3 p., il listello superiore 1/2, e il toro superiore 3 1/2. L'aggetto 2 1/3 p. pel toro superiore, di 4 e 1/2 per l'orlo che è sotto, e 6 pel cavetto della scozia.

La figura 6 rappresenta ancora un'altra base di assai buon gusto, un po' più ornata dell'altra, ma non però confusa; è composta del plinto che ha 6 parti, del toro inferiore, che ne ha tre e mezza, d'una scozia che ne ha 2 1/2, al di sotto della quale sta un listello d'una mezza parte, un astragalo d'una parte, il tutto terminato da un toro che ne ha tre; gli aggetti sono gli stessi dei precedenti.

L'ordine corintio è il più nobile, il più ricco e il più dilicato di tutti quelli che sono stati immaginati dagli antichi e dai moderni (perchè i moderni hanno anch'essi voluto inventare un ordine, ma con poco buon successo); le proporzioni che gli dà Vignola mi sembran bellissime; solo potrebbe rimproverarsegli d'aver posto nella cornice del cornicione dentelli sotto i modiglioni, perchè dicesi contrario tal modo alla regola prescritta da Vitruvio che li condanna e li vuol solo agli ordini dorico e jonico. Sembra per altro che i migliori architetti dei nostri tempi non siensi at-

tenuti all' avviso di Vitruvio, avendone posto a tutti gli ordini fuor che al toscano; nè vedo come possa loro darsi colpa, perchè producono un bellissimo effetto; ma vi sono alcuni che hanno un rispetto superstizioso per tutto quanto deriva dagli antichi, e in cui la prevenzione è sì grande che nessun ragionamento varrebbe a spogliarneli.

Vitruvio cita un fatto singolarissimo rispetto all' invenzione del capitello di quest' ordine (1).

Non dirò nulla sull'ordine Composito avendone fatto menzione nei precedenti capitoli; soggiugnerò soltanto non esser io dell'avviso del Vignola, che dà la stessa proporzione alla colonna di quest' ordine ed al Corintio, poichè naturalmente devesi aver riguardo alla differenza dei loro capitelli. Si dà pur taccia a questo autore d' aver fatto troppo pesanti i cornicioni di questi due ultimi ordini, e d' aver adoperato dei dentelli più grandi che nel Dorico, ragion volendo che facesse tutto al contrario.

Se gli ordini d' architettura avessero avuto delle bellezze positive e distinte come Perrault volle far credere nella prefazione del suo libro *Ordini delle cinque specie di colonne secondo il metodo degli antichi*, gli architetti sarebbero necessariamente andati d' accordo nelle loro regole: ma queste bellezze essendo soltanto arbitrarie, perchè non fondate sopra alcuna dimostrazione costante, quelli che ne han trattato han dato disparatissime norme a seconda del loro gusto e del loro genio. Per altro quantunque uno stesso ordine possa avere bellezze e proporzioni diverse ve ne son di quelli che piaccion più, e possono dirsi più universalmente approvati ed è quanto può dirsi degli ordini di Palladio e di Vignola; e perchè se ne possa fare il parallelo notisi, che i cinque ordini che si trovano sulle tavole XXXVI, XXXVII e XXXVIII, son quei di Palladio.

(1) *Virgo civis Corinthia, jam matura nuptiis, implicita morbo decessit: post sepulturam ejus, quibus ea viva poculis delectabatur, nutrix collecta et composita in calatho pertulit ad monumentum, et in summo collocavit; et uti ea permanerent diutius sub divo, tegula texit: is calathus fortuito supra acanthi radicem fuerat collocatus. Interim pondere pressa radix acanthi media folia et cauliculos circa vernum tempus profudit, cujus cauliculi secundum calathi latera crescentes, et ab angulis tegulae ponderis necessitate expressi, flexuras in extremas partes volutarum facere sunt coacti. Tunc Callimachus, qui propter elegantiam et subtilitatem artis marmoreae, ab Atheniensibus* catatechnos *fuerat nominatus, praeteriens hoc monumentum, animadvertit eum calathum, et circa foliorum nascentem teneritatem, delectatusque genere et formae novitate, ad id exemplar columnas apud Corinthios fecit; symmetriasque constituit, ex eoque operum perfectionibus Corinthii generis distribuit rationes. Lib. IV.*

Una vergine corintia, già atta a marito, sorpresa da male se ne morì: dopo essere stata condotta alla sepoltura, la sua nutrice portò delle vivande, che a lei viva solevano piacere, e chiuse e accomodate in un corbello le pose sopra del sepolcro: ed acciocchè restando così allo scoperto, si mantenessero più lungo tempo, le coprì con un mattone: fu questo corbello a caso situato su la radice di un acanto. Intanto la radice stando nel mezzo così schiacciata dal peso, quando fu verso primavera, mandò fuori le foglie e i gambi, i quali crescendo accosto ai fianchi del corbello, e respinti dalla resistenza degli angoli della tegola furono costretti attortigliarsi in quei canti che sono ora in luogo delle volute. Callimaco che per eccellenza e sottigliezza di lavorar marmi era dagli Ateniesi chiamato *catatechnos* (primo artefice), trovatosi a passare allora presso quel monumento vide il paniere e le tenere foglie che li crescevano d' intorno, e piacendogli l' idea e la novità della figura, fece a questa somiglianza le colonne presso i Corinti, ne stabilì le proporzioni, e determinò le vere misure per un perfetto ordine corintio.

Per mostrare con quanta giustizia io abbia portato a cielo l' architettura degli antichi, parlerò qui di alcuni de' più bei frammenti degli edificj di Roma, tolti dal *Parallelo dell'Architettura antica e moderna* del sig. Chambray, valentissimo architetto.

Siccome non rimane alcun monumento dell' ordine Toscano, che degno sia di qualche menzione, il sig. Chambray non ne ha dato alcun esempio ma quanto agli altri ordini ne ha riportati di ammirabilissimi sotto ogni rispetto, fra i quali abbiam scelto quelli che più nelle loro proporzioni convenivano a quanto si è già detto sulla scorta del Vignola.

La tavola XLII, rappresenta un capitello ed un cornicione dorico tolti dalle Terme di Diocleziano (1). Questo pezzo è considerato siccome uno de' più eccellenti di tutte le opere antiche di tale ordine; la sua composizione è nobile e regolare, gli ornamenti vi sono con buon gusto applicati, arricchendo gli uni senza nuocere all' effetto degli altri.

Siccome la colonna non sussiste più per intero non può sapersi quali generali proporzioni siano state seguite; si nota per altro che il cornicione è di quattro moduli, il che fa credere che la colonna fosse di sedici, avendo sempre gli antichi assegnato alla colonna il quadruplo del cornicione. Quanto alla base, Chambray non la porta forse perchè in allora più non esisteva, avendo la barbarie di certi secoli sfigurato talmente gli antichi monumenti da potersene a mala pena cavare qualche pezzo intero.

La tav. XLIII rappresenta un profilo ionico, che può dirsi quanto di meglio ci han lasciato gli antichi in fatto d' architettura. Ecco come ne parla Palladio. » Le colonne *di questo tempio, credesi, dedicato alla Fortuna Virile*, sono di ordine Ionico. La base è attica, con tutto che paia dovesse anch'ella essere ionica, siccome è il capitello; ma però non si trova in alcuno edificio, che gli antichi si servissero della Ionica descritta da Vitruvio. Le colonne sono canellate ed hanno ventiquattro canali. Le volute dei capitelli sono ovate, e i capitelli che sono negli angoli del portico e del tempio fanno fronte da due parti; il che non so d'aver veduto altrove, e perchè mi è paruta bella e graziosa invenzione io me ne sono servito in molte fabbriche. »

L'ordine intero, secondo le misure di Chambray, dal pavimento sino alla cornice ha 22 moduli; la colonna colla sua base e il capitello 18, il cornicione 4; quanto alle altre proporzioni sono segnate a canto di ciascun membro, al quale proposito sarà opportuno avvertire che qui l'unità di misura si è supposta divisa in trenta parti eguali, chiamate minuti.

La tavola XLIV comprende un profilo corintio sì ricco e sì superbo, che non sembra se ne potesse fare un più magnifico di questo, il quale non può essere imitato, dice il signor Chambray, che con molta prudenza e circospezione. Perchè l'abbondanza degli ornamenti genera confusione.

Per spiegare le proporzioni generali del profilo di cui si tratta, sappiasi

(1) Le terme di Diocleziano sono le più magnifiche e le meglio conservate che ancor ci restino: esse furono costrutte con colonne prese da differenti edifizj, onde non sono nè di uguale altezza, nè di uguale larghezza. La chiesa circolare di S. Bernardo fu uno de' Calidarj; un altro ve ne avea di contro: si scorgeva il terzo verso l' argine di Tullio: una pinacoteca, portici, scuole, giuochi e passeggi, natatorie e mille altre delizie, si comprendevano nel recinto termale.

che la colonna colla sua base e il suo capitello ha venti moduli, che il cornicione ha due noni dell'altezza della colonna, sul quale l'architrave ed il fregio hanno ciascuno un modulo ed un terzo, cioè quaranta minuti, e la cornice cinquantadue minuti.

Quanto alla base della colonna mi sembra di assai buon gusto, perchè composta di parecchie modanature che formano un insieme di bellissimo effetto. La stessa tavola comprende ancora un altro profilo corintio, composto su l'idea data da parecchi celebri storici di alcune parti del tempio di Salomone, e siccome mi peserebbe l'entrare in una dissertazione critica su tale argomento, rimanderemo il lettore a quanto dice il sig. Chambray, nell'opera citata lasciando che egli ne comenti le parole a suo senno.

L'ordine Composito, essendo il più difficile a cagione dell'incertezza delle proporzioni assegnategli dagli antichi, credo se ne vedrà volentieri un esempio sulla tavola XLVI, che rappresenta un profilo tolto dall'arco di Tito a Roma. Siccome quest'arco di trionfo fu innalzato alla gloria di Tito al suo ritorno da Gerusalemme, Chambray è d'avviso che l'architetto il quale avea seguìto l'imperatore, siasi attenuto alle bellezze del tempio di Salomone, introducendo negli ornamenti del fregio le spoglie principali, come il candelabro a sette braccia che stava nel santuario, la tavola d'oro su cui poneansi i pani di *proposizione* e parecchie altre cose risguardanti i sagrifizj che vedonsi ancora. Soggiugne che quest'arco è il primo e il più perfetto che sia stato innalzato alla gloria degli eroi.

CAPITOLO OTTAVO

Delle colonne e della loro rastremazione, Persiche e Cariatidi.

Giudicando dell'origine delle colonne da quel che ne dicono gli Storici, sembrano d'esse antichissime ed anteriori al trovato degli ordini.

Prima si adoperarono come monumenti per eternar la memoria degli uomini grandi, o per tramandare alla posterità la gratitudine de' ricevuti benefizj. Dopo la lor morte s'innalzava una colonna, alla sommità della quale, era l'urna che racchiudeva le ceneri del defunto, e pare che quest'urna facesse nascere l'idea del capitello, che si adoperò poscia per dare un vago ornamento alla loro sommità.

Ecco quanto dice Vitruvio al proposito delle prime colonne che comparvero in Grecia.

» Di questi (ordini) il primo ad essere inventato fu il Dorico. — Ma
» dopo gli Ateniesi (venuti nell'Asia) cominciarono a fabbricarvi de' tempj,
» e il primo fu ad Apollo Panionio simile a quello che aveano veduto

» nell'Acaja e lo chiamarono fin anche Dorico. In questo tempio volendo » mettervi delle colonne, ma non avendone le vere proporzioni, e ricer- » cando il modo come farle, non solo atte a regger peso, ma anche belle » a vedere, risolvettero di misurare la pianta del piede umano, e ritro- » vato esser la sesta parte dell'altezza d'un uomo, fecero perciò le co- » lonne alte, compresovi il capitello, quanto sei grossezze da basso di essa » colonna: e così cominciò la colonna Dorica ad avere negli edifizj la » proporzione, la sodezza e la bellezza del corpo umano.

» Similmente avendo poi voluto innalzare un tempio a Diana, presero » sulle stesse tracce le dilicate proporzioni delle donne, per formarne un » aspetto diverso di un ordine nuovo.

Che che sia gli architetti, sono sempre stati di contrario avviso sull'altezza da darsi a ciascun ordine; per la qual cosa ci atterremo alle proporzioni del Vignola, senza fermarci a quanto potrebbe dirsi a tale proposito. I primi architetti avendo fatto la colonna ad imitazione degli alberi che sono ordinariamente un po' più grossi al piede che all'alto, le han diminuite sul gusto medesimo. Ma essendosi accorti che tale rastremazione produceva un disgustoso effetto, l'han cominciata ad un terzo del fusto. Cioè divisa l'altezza del fusto in tre parti eguali, la prima rimaneva perfettamente cilindrica, e le altre due andavano impercettibilmente diminuendo sino all'astragalo. Questa diminuzione si fa più o meno sensibile, secondo la delicatezza o la grossezza delle colonne, come si è veduto nei precedenti capitoli.

Si sono pur rastremate le colonne ad imitazione del corpo umano, più largo verso la metà che verso le estremità. Gli architetti però son di contrario avviso su questo particolare, perchè non se ne trova alcun esempio negli antichi. Per altro l'uso di rastremar la colonna è sì comune presso i moderni, che non se ne vede quasi alcuna che sia cilindrica. Per la qual cosa si son cercati varii mezzi per farlo con bell'effetto, il che si ottiene tanto più quanto la rastremazione è meno sensibile: ora per conoscere in qual modo debbansi rastremare, ecco i due metodi del Vignola che qui citerò a preferenza di parecchi altri che sono, per dir vero, meno meccanici ma più difficili ad eseguirsi.

Maniera per diminuire la colonna.

« In diversi modi si sminuiscono le colonne: due qui se ne pongono per li » più approvati e migliori. Il primo, e più noto si è, (Tav. XLVII) che determinata l'altezza e la grossezza della colonna, e quanto si vuole, che » si sminuisca dalla terza parte in su, si forma un semicircolo, dove co- » mincia a sminuire, e quella parte che viene compresa dalla perpendi- » colare del sommoscapo, come E F, si divide in quante parti eguali » si vuole, ed in altrettante parti si dividono i due terzi della colonna, » indi incontrando le linee perpendicolari colle transversali, si avranno i » termini, per cui tirare la linea, che sminuisce la colonna, e le dà gra- » zia, come si vede. Questa forma di colonne si può usare nel Toscano » e nel Dorico.

1. Diametro naturale.
2. Diametro del gonfiamento.

3. Diametro della diminuzione.

F. Punti di diminuzione per il ristringimento della colonna.

» L'altro modo, da sè stesso speculando, l'ha trovato il Vignola, e « benchè sia molto meno noto, è però facile a comprendersi dai delinea- « menti. Dirò solamente, che determinate tutte le parti, come si è detto, « si dee tirare una linea orizzontale indefinita alla terza parte da basso, « la quale comincia da D, e passa per C; poi riportando la misura CD « nel punto A, e tagliando col compasso il cateto, o asse della colonna, « come nel punto X, si stenderà AX ad intersecare la linea indefinita CD « in E; dal qual punto si potrà tirare quel numero di linee, che si vorrà « a piacimento, e su queste riportando la misura CD del cateto all' in- « fuori della colonna, così di sopra la terza parte, come di sotto, si « avrà la fusatura della colonna perfettamente. Di questa sorta di colonne « si può valere nell'Ionico, Corintio e Composito.

La più bella forma delle colonne è quella, che diminuisce a poco a poco dal terzo in su: e deformi son le colonne torte, impampanate e panzute, come le berninesche dell' altare pontificale di S. Pietro in Roma.

La difficoltà d'avere delle pietre molto grandi, per far le colonne tutte d'un pezzo non spaventava gli antichi; quando eran costretti a farle di più pezzi, le ponevano con tanta precauzione le une su le altre, che le commessure non apparivano: a tal fine si lasciava rustica la superficie, come altrove ho detto, ma ne spianavano diligentissimamente le faccie superiori, perchè con tutta esattezza si combaciassero, guardandosi bene dall'adoperar biette per dirizzarle e postarle come facciamo adesso, e quando erano ben posate, ne pulivano e foggiavano la parte esterna come volevano.

Pare che gli antichi non abbiano adoperato altre colonne che le cilindriche, poichè tutte quelle che ne rimangono hanno una tale figura, ed io credo che il solo cattivo gusto di certi architetti del secolo scorso abbia potuto immaginarne di ovali triangolari e coniche. Un difetto insopportabile delle colonne ovali, si è che esse si presentano dal lato del loro asse maggiore, e volendo servirsi di questo diametro come modulo, diventano d'una straordinaria grandezza quando si guardano dalla parte più stretta, perchè il diametro minore non ha proporzione alcuna con l'altezza della colonna; il contrario avviene se vuol prendersi il picciolo diametro per modulo, perchè guardate dal lato maggiore, son troppo basse e troppo schiacciate. Non parlerò delle colonne triangolari di sì perfido gusto da non meritar nemmeno di essere ricordate: quanto alle coniche, sono meno riprovevoli; ma in fin dei conti che necessità v'è di foggiare in cotali modi bizzarri le colonne: possibile che agli uomini pesi tanto il conformarsi alle regole della natura, nè si persuaderanno mai che solo con l'imitazione di essa possono aversi lodevoli risultamenti?

Le colonne torse non possono essere approvate dagli intelligenti, perchè destinate essendo a sopportar pesi, ragion vuole che si dia loro tutta la forza di che sono capaci: sicchè è un difetto l'indebolirle con tante spire che si allontanano dalla perpendicolare: per altro si adoperano qualche volta, non già nei luoghi che richiedono solidità, ma nelle sale, negli altari, nelle tavole; l'impiego però di queste colonne non avendo gran relazione con un trattato di tal natura non dirò come si disegnino, perchè può vedersi in qualunque libro d'architettura.

Vi hanno pure delle colonne simboliche, e che rappresentano figure umane; derivano dai Greci, che volendo conservare la memoria delle loro vittorie, davano sovente alle colonne de' loro pubblici edificj la figura e la rassomiglianza dei loro nemici. « Caria, dice Vitruvio, città del Pelopouneso, si collegò co' Persiani contra i Greci: finalmente i Greci » vincitori, essendosi gloriosamente liberati da questa guerra, di comun » consiglio la intimarono a' Cariatidi. Presa quindi la città, ammazzati gli » uomini, ed abolita la cittadinanza, ne menarono schiava le loro matrone. » Ma non permisero che deponessero i manti, nè gli altri ornamenti da » matrona, acciocchè non solo fossero per una volta sola menate in trionfo, » ma con eterna memoria di schiavitù, cariche di somma vergogna, sembrassero pagare il fio per la loro città. Quindi gli architetti che fiorivano allora, collocarono negli edifici pubblici le loro immagini destinate » a regger pesi, acciocchè passasse anche ai posteri la memoria della » pena del fatto de' Cariatidi. » Ma i caratteri di servaggio e di schiavitù, essendo ingiuriosi troppo al bel sesso, se ne dà loro uno affatto opposto, non adoperandole che sotto i simboli di prudenza, di saviezza, di giustizia, di temperanza, ec. Quando sono isolate devono portar tutt' al più qualche verone, qualche tribuna, o leggiera corona; ma quando son connesse nel muro, bisogna porle sotto una mensola, che sembri reggere tutto il peso del cornicione.

Le colonne persiane sono sovente rappresentate sotto la figura d' uomini nerboruti e barbuti, e sono più convenienti di quelle delle donne a rappresentare la schiavitù; se ne fanno pure dei simboli di virtù, di forza, di valore ed anche di favolose divinità, sotto l'aspetto per esempio di Marte, di Mercurio, di Fauni, di Satiri, ec.

Contribuendo assai le figure ad arricchire la decorazione; ed esigendosi non poca arte perchè accompagnino con bell'effetto gli ordini, riferiremo alcune osservazioni del signor De la Hire, cavate dal suo trattato d' architettura, da lui dettato nella scuola del Louvre.

Suppongo qui che l'ordine sia Jonico, e che tenga un di mezzo fra gli altri, per fare un confronto più giusto e più conveniente tra le figure e le colonne; suppongo pure che la colonna abbia diciotto moduli, o nove diametri d'altezza.

Comincio a prendere una colonna di media grossezza, che abbia per altezza 18 piedi e per diametro due, e trovo coll'esperienza che una figura la quale ha 6 piedi d'altezza, può benissimo accompagnarsi con lei: questa figura sarà dunque il terzo dell'altezza della colonna.

Se la colonna ha 27 piedi d'altezza, e 3 di diametro, si possono dare alla figura 7 piedi e mezzo; se ne ha 36 di altezza e 4 di diametro, la figura può aver circa 9 piedi; se ha 45 piedi d' altezza e 5 di diametro, si può dare alla figura 12 piedi d' altezza.

In queste proporzioni la figura è aumentata d' un 6 piedi in ragione d'un piede per tesa d' aumento all' altezza della colonna; ma se la colonna non ha che 12 piedi d' altezza e un piede e mezzo di diametro, una figura di 5 piedi può forse ben convenirvi. Se non avesse che 6 piedi d'altezza, vi si potrà porre una figura di 4 piedi e mezzo; il che mostra che la stessa regola potrà servire per le colonne più piccole di 18 piedi, diminuendo l' altezza della figura al di sotto della media, che è

di 6 piedi, in ragione d' un piede per tesa di diminuzione dell' altezza alla colonna, e similmente nella stessa ragione per le altezze che son fra esse.

Quanto alla proporzione che devono avere le figure poste a diversa altezza, non è possibile dire alcun che di certo, contribuendo gli accessorj a far parere più o meno lontana una figura. Notisi che le figure poste su le colonne devono essere un po' più grandi di quelle collocate agli edificj, o in una nicchia, e meno grosse e meno ammantate quelle che sono isolate o non hanno altro fondo che il cielo.

CAPITOLO NONO

Proporzioni dei Pilastri e dei Frontispizj.

I Pilastri son colonne quadrate di specie diverse, secondo la diversità dei modi con cui sono applicati al muro: ve ne sono di affatto isolati, di altri attaccati ai canti degli edificj, e che han solo due facce; di altri che incastrati in parte nel muro, non presentano che la faccia anteriore, e sono i più usitati (58).

I pilastri quadrati e isolati si adoperano alle estremità dei portici per dar maggior fortezza ai canti; quelli che sono incastrati nel muro servono a decorar gli edifizj con molta grazia; ma perchè facciano buon effetto vi son molte cose ad osservarsi, circa ai loro aggetti, alla loro diminuzione, al modo con cui vi è sovrapposto il cornicione, ed al modo con cui devono essere scanalati.

L'aggetto dei pilastri che hanno una sola faccia fuori del muro, dev'essere di tutta la metà, o tutt'al più dee aggettar solo della sesta parte, quando non vi sia alcuna ragione che obblighi ad assegnargli uno sporto maggiore; per esempio quando i pilastri vengono a ricevere delle imposte, che si profilano contro ai loro lati, bisognerà assegnare ad essi l'aggetto del quarto di diametro, cioè il quarto della faccia che tien luogo di diametro: e questa proporzione ha questo di comodo, che non obbliga a troncare irregolarmente il capitello corintio o composito: perchè la foglia in basso riesce appunto tagliata per metà. Per questa ragione quando si adoperano dei semipilastri agli angoli rientranti, bisogna dare ad essi un po' più della metà del loro diametro.

Non si rastremano ordinariamente i pilastri quando hanno una sola faccia fuori del muro; ma quando si trovano sulla stessa linea con delle colonne, e che si vuol far passare il cornicione su gli uni e le altre, bisogna dare ai pilastri la stessa diminuzione delle colonne, ben inteso dalla faccia anteriore, perchè devono dai lati restare tanto larghi in alto

(58) V. le Note del Navier.

quanto in basso; ma quando il pilastro ha due faccie fuori del muro, come succede ai canti, e ve ne ha una che guarda la colonna, questa faccia dev' essere diminuita al pari della colonna.

Le scanalature che si fanno qualche volta ai pilastri devono essere sempre in numero dispari, perchè se ne trovi una nel mezzo; ma se si tratta di mezzi pilastri che s' incontrano agli angoli rientranti, si aggiunge una scanalatura perchè il numero sia pari, e se ne assegna la metà da un lato e la metà dall' altro; cioè se in un pilastro intero se ne mettono 7, ce ne voglion 4 ad ogni mezzo pilastro.

Le proporzioni delle basi, dei capitelli e del cornicione per i pilastri, son le stesse di quelle delle colonne dell'ordine, secondo cui si vuol fare la decorazione; così non so che vi sia alcuna regola particolare da asseguarsi, diversa da quella che abbiamo indicata per la composizione degli ordini in generale.

Quando i pilastri sono incastrati nel muro, bisogna guardare che sporgano tanto in fuori da ricevere le cornici delle porte, delle finestre e di altre aperture che stanno fra essi; giacchè l' aggetto delle cornici fa buon effetto quando essendo continuo viene a dileguarsi proprio nei fianchi dei pilastri. Per la qual cosa Scamozzi vuol che i pilastri non escano al più fuor del muro che di un quarto della loro lunghezza, perchè in questo modo, dic'egli, potranno ricevere nei loro fianchi tutti gli aggetti degli ornamenti delle porte e delle finestre, che non devono mai eccedere i pilastri, quantunque vi siano degli esempi antichi e moderni, ove si nota che questi aggetti sporgono non solo al di là dei pilastri, ma anche delle colonne che comprendono passando, il che produce un cattivissimo effetto. Ma se si dovessero dare alle cornici delle porte e delle finestre degli aggetti più grandi dei fianchi dei pilastri, sarebbe meglio in questo caso tagliar le cornici sulla dirittura dei quadri delle porte e delle finestre e continuarle in piattabanda, coronate solo da qualche cimasa o altra modanatura, che tutte insieme aggettino tanto quanto il fianco del pilastro, che farli avanzare di tutta la loro lunghezza.

Quando i pilastri incastrati nel muro, non han tanto aggetto, si possono fare scorrere gli architravi senza interruzione, e lasciarli sporgere fuori del muro che sta indentro dei pilastri di tanto quanto è il loro aggetto: ma quando ne han troppo poco, bisogna ritirare gli architravi in dentro, ed in tal caso o si rompono i cornicioni facendoli sporgere sui pilastri, o si danno tali risalti al solo architrave, od anche qualche volta all'architrave ed al fregio, lasciando passare il resto del cornicione da un pilastro all' altro senza interruzione.

Si può fare lo stesso ragionamento sui pilastri che si mettono ai canti dei muri: perchè se fanno faccia da due lati, bisogna che gli architravi e le altre parti del cornicione corrano nella risvolta sotto il muro dei fianchi, nello stesso modo che sarebbero stati messi su quello di facciata.

Se il pilastro angolare si termina sulla linea del muro di lato, senza farvi faccia e senza avere alcuno aggetto al di fuori di questa parte, bisogna in tal caso che il cornicione che sta sul davanti venga a scemare nella risvolta del canto del fianco del pilastro, senza farlo passare sul muro di lato, o se si vuole che il fianco sia coperto dal cornicione, bisogna che il canto di ritorno dell' architrave sia al di fuori del vivo del pilastro.

Tutte queste pratiche son buone, e se ne trovano degli esempj nelle opere più approvate, ma in tutto ciò bisogna notare che si suppone, sian soli i pilastri, e non accompagnino colonne (59).

I frontispizj sono un bell' ornamento alle facciate quando son posti a proposito (60); ma perchè abbiano maggior grazia, bisogna che il corpo che ne è coronato faccia qualche aggetto per distinguersi e padroneggiare le altre parti continuate dall' edifizio.

Secondo lo Scamozzi, per avere la più bella proporzione d' un frontispizio, bisogna dividere la cornice A B, che gli serve di base in nove parti eguali (Tav. XLVII) ed assegnarne due alla perpendicolare E C, per determinare l' altezza che deve avere dal cornicione sino alla sommità; riescendo una tal proporzione più piacevole di quel che riesca dandogli per altezza la quinta parte della base, come fanno alcuni architetti, e più comoda per agevolare lo scolo delle acque. Si può anche descrivere un cerchio, la cui base A B servirà di diametro e si dividerà in due parti eguali colla perpendicolare D F, e dal punto D come centro, con intervallo D A, si descriverà l'arco A C B, che tagliando la perpendicolare al punto C; non si avrà che a descriver l'angolo A C B, che sarà eguale a quello che deve formare il frontispizio. Si noterà che quest' angolo è eguale a quello dei lati d' un ottagono, poichè il punto D essendo il centro dell' arco descritto; i due raggi D A e D B formano un angolo retto.

Si fanno pure dei frontispizj ad arco di circolo, alti quanto i triangolari, poichè l' arco A G H B, che ne determina la figura, deve avere per centro il punto D, di cui ci siamo serviti pel precedente; si può dunque dire che i frontispizj rotondi son composti d' un segmento di circolo che comprende il quarto della circonferenza (61).

Quando si ha una fila di finestre su lo stesso allineamento e si vuol coronarle con un frontispizio, bisogna per variare, farle alternativamente circolari e triangolari, sicchè corrispondano con simmetria a destra ed a sinistra del mezzo della facciata, come si è fatto alla galleria del Louvre ed alle Tuileries. Per altro, quantunque questo edificio sia de' più magnifici, e possa sotto molti rispetti citarsi a modello, non tacerò come riesca ridicolo il vedere lo scialaquo che si è fatto di tali frontispizj: le cose che producono miglior effetto, vogliono essere con cautela adoperate: quando son troppo ripetute generano confusione.

Sia che si facciano i frontispizj triangolari o circolari, la cornice che corona il timpano deve sempre essere simile a quella del cornicione. Bisogna solamente notare che la parte della cornice che serve di base al frontispizio dev' essere senza cimasa, perchè la cimasa del resto della cornice, venendo a incontrare i frontispizj passa per di sopra come può vedersi nelle figure X ed Y della Tavola XLVII, dove l' una segna in una scala maggiore della prima in qual modo la cornice del frontone debba incontrarsi con quella del cornicione.

(59) V. le Note del Navier.
(60) Id.
(61) Id.

Quando vi sono dei modiglioni alla cornice del cornicione, se ne mettono pure a quelle del frontispizio, e questi ultimi devono incontrarsi a piombo con quelli del cornicione. Vitruvio dice che gli antichi non approvavano i modiglioni nella cornice del frontispizio, perchè indicanti le estremità dei travicelli (1). Ma i modiglioni essendo piottosto ornamenti destinati a sorreggere il grande aporto del gocciolatoio che a rappresentare travicelli o altri pezzi di legname, non devesi badare a queste pretese ragioni, tanto più che tali ornamenti producono un bonissimo effetto, soprattutto quando vengono adoperati nei grandi frontispizj.

È a notarsi che il nudo del frontispizio, cioè il suo timpano, deve sempre corrispondere a piombo sul fregio del cornicione che è al di sotto. Per altro si sogliono fare degli ornamenti di scultura che indicano il carattere dell' edificio: vi si pongono qualche volta armi e trofei, quando trattasi di edificii militari, come può vedersi in parecchie tavole del quarto libro.

Un frontispizio angolare può coronare tre archi ad un tempo o tre grandi finestre, che si trovino nel mezzo della facciata d'un edifizio; ma il circolare non può produr bell' effetto che coronando un solo arco, e quando se ne vogliano mettere di sovrapposti, dovrà farsi circolare l'uno, l'altro puntuto. Alcuni architetti han posto male a proposito due frontispizi l'uno nell' altro, come vedesi al vecchio Louvre; ma in verità licenze di simil natura meritano la generale disapprovazione, e saranno sempre praticate in onta al buon gusto.

Vitruvio vorrebbe che tutte le parti che sono al di sopra delle colonne e dei pilastri, come le facciate degli architravi, il fregio, il timpano del frontispizio, gli acroterii, come pure le figure e le statue, fossero inclinate al davanti della dodicesima parte della loro altezza (2). Ma non essendovi alcun' altra ragion di ciò usare, fuor quella di rendere tali parti più visibili a coloro che le guardano dal basso in alto, non credo debbasi seguire il suo avviso, il quale non ha altro fondamento che una opinione particolare discrepante dalla regola generale, la quale vuole che tutte le parti d'un edificio e d'una bella architettura sieno perfettamente a piombo, altrimenti produrrebbero guardate dai lati cattivissimo effetto, come quelle che sembrerebbero inchinate in avanti. Per altro gli scultori si attengono,

(1) . . . *antiqui non probaverunt, neque instituerunt in fastigiis mutulos, aut denticulos fieri, sed puras coronas: ideo quod nec cantherii, nec asseres contra fastigiorum frontes distribuuntur, nec possunt prominere, sed ad stillicidia proclinati collocantur. Ita, quod non potest in veritate fieri, id non putaverunt in imaginibus factum posse certam rationem habere.*

. . . gli antichi non approvavano nè mettevano modiglioni o dentelli ne' frontespizj, ma gocciolatoi semplici: e la ragione si è perchè nelle facciate de' frontespizj non vi possono essere, e molto meno sporgere, i puntoni e i panconcelli, i quali debbono essere situati in pendio verso i fianchi ove sono le gronde. Stimavano insomma, che quello che non può sussistere veramente e realmente, non possa nè anco essere approvato ancorchè fatto con apparenza.

(2) *Membra omnia, quae supra capitula columnarum sunt futura, idest epistylia, zophori, coronae, tympana, fastigia, acroteria, inclinanda sunt in frontis suae cujusque altitudinis parte duodecima.*

e molto saviamente, a questa norma di Vitruvio, per le loro statue quando devono essere poste molto in alto.

Non parlerò dei frontispizi spezzati, incartocciati, ondolati, alla rovescia, a risalti e merlettati di balaustri, perchè ripugnanti affatto al loro scopo di porre al coperto quanto hanno al di sotto.

Mi resta a parlare degli acroterj, o piedestalletti che si pongono alla sommità dei frontispizj, per collocarvi delle figure, come può vedersi alla tavola L. Scamozzi dopo avere esaminata la regola vitruviana su tale argomento, e rinvenutivi parecchi difetti, una ne prescrive approvata molto da Blondel, ed è di far tanto alto il dado degli acroterii dei canti quanto è l'aggetto della cornice del cornicione; notando però che quello di mezzo, cioè quello posto alla sommità del frontispizio, deve essere un po' più alto dei precedenti (1).

La larghezza del dado degli acroterii, secondo lo stesso architetto, deve essere eguale al sommoscapo delle colonne alle quali devono corrispondere, e questo, s'intende, nel solo caso che si ponga ad un canto una sola statua, perchè se si volesse collocare un gruppo di figure, bisognerebbe allora continuare la larghezza degli acroterii, facendoli entrare nei lati del frontispizio.

Non si assegna per solito alcuna base a questa specie di piedestalli, perchè a motivo dell' aggetto della cornice del cornicione non sarebbe veduta. Così dopo aver fatto l'altezza del dado eguale all' aggetto della cornice del cornicione, come abbiam detto, bisogna coronarlo con una piccola cornice, che sia proporzionata all' altezza dello stesso dado; osservando di andar parchi nelle modanature, perchè riescan visibili da lontano.

CAPITOLO DECIMO

Peristilj, Intercolunnj, Archi e Nicchie.

Nulla può immaginarsi di più grande e magnifico per ornare considerevoli edifizj dei peristili o dei portici. Gli antichi li adoperavano ai templi, alle basiliche, alle piazze ed ai pubblici mercati. In Francia vi sono monumenti di questo genere che faran sempre l'ammirazione dei co-

(1) Questo metodo, dice il Milizia, non è ben fondato, e soggiugne: » Se l'edifizio è coronato di balaustrata, i piedestalli di essa serviranno per gli acroterj laterali, e corrispondente a questi sarà l'acroterio di mezzo. Quando poi non v'è balaustrata, l'acroterio deve essere di un'altezza sufficiente da far vedere tutto l'ornamento che ha sopra, dal giusto punto di veduta dell' edificio.

noscitori, fra gli altri il peristilio del Louvre a Parigi, che è certo un'opera sotto ogni rispetto ragguardevolissima. Anche in questa, come in tant'altre cose, gli architetti antichi e moderni son di contrario avviso, per determinare gli spazj delle colonne in tutti gli ordini, ed è assai difficile il sapere a chi dare la preferenza: pure tale argomento è essenziale alla bellezza ed alla solidità degli edificj.

Quando le colonne sono isolate, e formano degli intercolunni, Vignola per determinarne l'intervallo nell'ordine Toscano fissa 4 moduli e 2/3 dal fusto dell' una al fusto dell'altra, nell' ordine Dorico 5 e 1/2, nel Jonico 4 e 1/2, e nel Corintio e nel Composito 4 moduli e 2/3 come al Toscano. Fu per altro un curioso pensiero quello d' aver adottato intervalli eguali negli ordini i più lontani l' uno dall' altro come il Toscano e il Corintio, come pur d' aver fatto l' intercolunnio dorico più grande del toscano, contro l'avviso di Vitruvio, il quale vuole che l' intercolunnio degli ordini massicci sien più grandi di quelli dei più leggieri.

La regola di Scamozzi è diversa: dà 6 moduli agli intercolunnj toscani, 5 e 1/2 ai dorici, 5 agli jonici, 4 e 1/2 ai compositi e 4 ai corintii. Così prende tre numeri proporzionali aritmetici tra 6 e 4, che considera siccome i termini estremi di questi intercolunnj; e per non cader nell'errore da lui rimproverato agli altri architetti, che fanno tutti i loro intercolunnj eguali, dà maggior larghezza a quello del mezzo delle facciate che agli altri che stanno a dritta ed a sinistra: per esempio, secondo lui, bisogna che l' intercolunnio del mezzo per l' ordine dorico sia maggiore degli altri d' un triglifo e d' una metopa, ed al Jonico, al Composito ed al Corintio maggior d' un modiglione.

Le regole precedenti non son tanto generali però da non potersi prescinderne, perchè i cornicioni degli ordini impongono certi vincoli ai quali bisogna assolutamente aver riguardo per regolare gli intercolunnj. L'ordine toscano soltanto può eseguirsi senza difficoltà, perchè non costretti dai triglifi, dai dentelli o dai modiglioni; basta per quest'ordine che il cornicione sia ben posato e non abbia soverchia portata.

Ma non così va la bisogna pel dorico, ordine il più difficile di tutti a porsi in opera perchè la distanza delle colonne è determinata dagli spazj dei triglifi e delle metope, tra due colonne non potendosi avere che da uno fino a cinque triglifi, ben inteso che non si calcolano se non quelli i quali posano sul vuoto e non quelli che stanno a piombo su le colonne. Parecchi non han voluto attenersi alla precisione richiesta da quest' ordine, e non si son presi per nulla pensiero di far le metope quadrate; ma siccome da ciò appunto dipende la bellezza di quest' ordine, chi non si è attenuto a tal massima è stato generalmente disapprovato. Ad altri per far più presto è venuta la mattezza di non dare a quest' ordine nè metope, nè triglifi, e non fare alcuna distribuzione nel fregio; e così privato un tal ordine di quanto avea di più bello, ne è riuscito un altro al quale non si saprebbe che nome affibbiare.

Quanto ai tre altri ordini non è tanto difficile regolare gli intercolunnj, perchè non si deve aver riguardo se non alla distribuzione dei modiglioni e dei dentelli; ma principalmente dei modiglioni, dovendosi osservare qual regola costante che uno corrisponda sempre all'asse di ciascuna colonna, e sta al giudizioso architetto il proporzionare in tal modo la

grandezza, l' aggetto e lo spazio delle altre che il tutto non riesca stentato (1).

Oltre le cinque specie di intercolunnj, di cui abbiamo parlato, i moderni ne hanno inventato un sesto chiamato *colonne binate*, perchè sono a due a due, l'una vicinissima all' altra. Per esempio se vi sono parecchie colonne di seguito disposte secondo la regola precedente, si accoppia la seconda colla prima, la quarta colla terza, la sesta colla quinta. In tal modo è fatto il peristilio del Louvre di cui ho parlato, e quantunque vi siano pochi esempi antichi ove ciò sia stato praticato, gli architetti trovarono di tanto effetto una tale composizione che la si vede usata in quasi tutti i considerevoli edificj (62).

Le colonne binate non hanno ordinariamente che un piedestallo comune, perchè dovendo essere l' una all' altra vicino più che è possibile, se si volesse che i loro piedestalli fossero separati, le cornici e le basi di questi piedestalli si troverebbero insiem confusi, il che produrrebbe cattivo effetto. Se per altro le due colonne potessero essere tanto l'una dall'altra lontane da non confondere le cornici e le basi dei piedestalli, potrebbero avere ognuna la loro, la qual cosa talvolta è necessaria, come quando due colonne sono elevate sopra due altre, perchè allora bisogna fare i lor piedestalli leggieri.

Quando vi sono parecchie colonne di seguito ad un'eguale distanza, o quand'anche sono binate, si dà loro ancora una specie di piedestallo comune che scorre su tutta la lunghezza del peristilo e giunge solo all' altezza d' appoggio: e l' intervallo da una colonna all' altra si riempie con una balaustrata che lega insieme le parti le quali servono di sotto basamento.

La regola più generale che si segue agli archi dei portici è di dar loro per altezza due volte la loro larghezza. Pure siccome le colonne che accompagnano questi archi portano qualche cambiamento alla loro larghezza, perchè si fanno più grandi quando vi son piedestalli alle colonne che

(1) Vitruvio ha stabilite cinque specie d' intercolunnj che sono le seguenti:

Intercolunnj	*Diametri della colonna*	*Altezza della colonna*
Picnostilo	1 e 1/2	19
Sistilo	2	18 1/2
Eustilo	2 1/2 o 2 1/4	17
Diastilo	3	17
Areostilo	4	16

Scamozzi, in vece, le cinque seguenti:

Toscano	3	diametri della colonna.
Dorico	2 3/4	
Jonico	2 1/2	
Corintio	2	
Composito	2 1/4	

(62) V. le Note del Navier.

quando non ve ne sono: ecco ancora ciò che Vignola prescrive per questi due casi.

Nell' ordine Toscano, quando non vi son piedestalli alle colonne, bisogna dare agli archi sei moduli e mezzo di larghezza, e tre ai loro piedritti.

Nel Dorico senza piedestalli, bisogna dar 7 moduli di larghezza agli archi, e tre ai loro piedritti e quando vi son piedestalli, la larghezza degli archi si fa di 10 moduli e quella dei piedritti di cinque.

Nell' ordine Jonico, quando non abbia piedestalli, la larghezza degli archi dev' essere di 8 moduli e mezzo, e quella dei piedritti di 3, e quando vi son piedestalli bisogna dare 11 moduli di larghezza agli archi e 3 ai piedritti.

Finalmente agli ordini Corintio e Composito senza piedestallo, bisogna dar 9 moduli alla larghezza degli archi e 3 a quelle dei piedritti, e quando vi sono piedestalli, la larghezza degli archi si fa di 12 moduli, e quella dei piedritti di tre.

Quando le colonne sono incastrate nei piedritti, Vignola vuole in tutti gli ordini che la parte incastrata sia solo tre quarti del semidiametro. Scamozzi non segue una tal regola volendo che la colonna sporga di tre quarti del suo diametro.

Siccome bene spesso si fanno degli archi senza colonne o pilastri, sarà bene il notare che devonsi assegnare ai loro piedritti le stesse proporzioni come se ne avessero, e di non far mai i piedritti più larghi della metà dell' arco nè più stretti del terzo.

Per impedire che la curva dell' arco, venendo a congiungersi colla linea a piombo dell' aletta non sembri fare una coda, si terminano i piedritti con un' imposta, o piccola cornice, l' aggetto della quale non deve eccedere i pilastri, quando se ne trovano ai piedritti, nè la rotondità delle colonne, ed a ciò si è esattamente attenuto il Vignola nei disegni delle imposte che ha dati per tutti gli ordini, non avendo imitato la maggior parte degli edifizj antichi ove esse hanno tanto aggetto che sembrano cornici di cornicione, anzichè cuscinetti per ricevere gli archi colle lor fasce od archivolti.

Secondo Scamozzi, le imposte dei grandi archi in cui le colonne posano sopra zoccoli senza piedestalli, devono avere per altezza una terza parte e mezza di quella dei piedritti. Soggiugne che le fascie dell' arco o l' archivolto non devono mai avere per l' ordine toscano maggior larghezza della nona parte di quella delle arcate e la decima pel Corintio; e per gli altri ordini una larghezza proporzionata sulle norme di questi due. Quanto alla protiride (1), che eccede la fascia dell' arco, secondo lo stesso architetto bisogna farla almeno di due terzi di modulo o al più d' un modulo, notando di farla meno alta agli ordini semplici ed aumentarla in proporzione agli ordini dilicati; cotali sporti ammettono ornamenti conformi alla destinazione dell' edificio, come teste d' animali, maschere, ec.

(1) Il Vignola sotto tal nome intende la chiave d'un arco, adornata con foglie, quantunque Vitruvio lo applichi alle due cartelle o mensole che reggono la cornice della porta jonica.

Per dar qualche esempio di quanto abbiamo insegnato, si può considerare un portico dorico rappresentato sulla tavola XLIX, da cui si potranno prender norme su quelli degli altri ordini. Si vedrà pure su la tavola L un altro portico secondo l'ordine jonico, tolto dagli edificî antichi di Roma, riportato da Chambray, che ne parla come di nobilissima e magnifica composizione; e sarà qui tanto più a proposito in quanto che vi si vedrà l'unione di tutte le parti d'un ordine.

Quanto alle modanature ed agli altri ornamenti che si possono dare alle imposte ed agli archivolti degli archi secondo gli ordini, se ne vedono dei modelli su la tavola XLI. Per esempio la figura 2.ª e 3.ª potrebbero servir di modello per gli archi fatti secondo l'ordine toscano, la 7.ª pel Dorico, la 8.ª pel Jonico, la 1.ª pel Corintio, e la 6.ª pel Composito avendole disegnate dal Vignola. Quanto ai numeri che ne determinano le proporzioni, esprimono parti di moduli secondo che il modulo è diviso in dodici o diciotto parti eguali, rispetto all'ordine di cui si tratta.

Per dir qualche cosa anche delle nicchie che s'incavano nei muri per collocarvi erme o statue, la miglior proporzione che possa loro assegnarsi è di farle alte due volte e mezzo la loro larghezza. Così volendo fare una nicchia alta tre piedi, le si daranno sei piedi dal basso sino all'origine del semicircolo, che termina l'alto della nicchia, e siccome l'altezza di questo semicircolo si terrà d'un piede e mezzo, quella di tutta la nicchia sarà di 7 piedi e mezzo, cioè di due volte e mezza la sua larghezza. Quanto all'infossamento della nicchia, si fa quasi sempre semicircolare e d'un diametro eguale a quello della larghezza della nicchia medesima.

Soventi le nicchie hanno un'imposta od un archivolto; la larghezza dell'archivolto si fa della sesta o settima parte della stessa apertura. L'una e l'altra devono esser formate di modanature che abbian rapporto all'architettura del luogo; ma se la nicchia fosse situata al di sotto delle imposte fra due colonne o pilastri, allora non deve averne, perchè due imposte l'una al di sopra dell'altra producono cattivo effetto; non bisogna poi porre delle nicchie tra i pilastri, a meno che non sieno lontani l'uno dall'altro di quasi un terzo della loro altezza altrimenti sarebbero troppo piccole e strette. Quanto all'altezza delle nicchie, il basso deve corrispondere al livello delle cornici dei piedestalli, dei pilastri o delle colonne che l'accompagnano (1).

(1) Il Milizia osserva però che: Il fondo delle nicchie deve esser nudo di ornati. Le conchiglie alla volta, i cassettoni, i marmi di varj colori, le sculture sparse negli angoli, ed a' piedi di essa nicchia, sono tutti ornamenti mal a proposito, atti soltanto a confondere il contorno della statua o del gruppo. La figura non comparisce mai così bene, che quando stacca da una superficie piana e semplice. Perciò sono preferibili le nicchie senza imposta: niente deve esservi, che interrompa e diverga l'attenzione dell'oggetto principale.

Quando vi sono più nicchie le une sopra le altre, l'intervallo deve essere almeno il doppio della larghezza della nicchia. Le statue, che vi si collocano, dovendosi fare maggiori del naturale, specialmente nelle Chiese grandi, affinchè compariscano da giù di mole giusta, fanno, che l'occhio le giudichi più vicine, che non sono; e ne risulta un involontario sentimento di prossimità, che diminuisce le distanze e l'ampiezza dell'edificio.

Siccome dee sussistere una proporzione tra l' altezza delle nicchie e quella delle statue che vi si devono porre, si porrà la statua sopra di uno zoccolo, la cui altezza sia eguale alla metà dell'altezza della testa della statua, ed il mento corrisponda press' a poco al livello dell'imposta della nicchia: così la statua avendo 8 piedi, se si tolgono 9 pollici per l' altezza della testa, che ne è ordinariamente l' ottava parte, resteranno 5 piedi e 3 pollici per l' altezza del zoccolo, si avranno 5 piedi, 8 pollici per quello della nicchia sino all' imposta, e 2 piedi e 10 pollici per la sua larghezza; per la qual cosa l' altezza sotto la chiave sarà di 7 piedi e un pollice. Se la figura avesse 9 piedi, si troverà colla stessa regola che l' altezza della nicchia sotto la chiave è di 10 piedi e 6 pollici. Da qui si può dedurre una regola per la proporzione dell'altezza delle nicchie con quella delle statue, che è di aggiugnere all' altezza della statua tante volte 2 pollici quanti piedi ha: così per una statua di 5 piedi, la nicchia dev' essere alta 5 piedi e 10 pollici.

CAPITOLO UNDECIMO

Unioni degli ordini o parecchi ordini posti l'un sopra l'altro.

Quando vuol decorarsi un edificio considerevole con ordini diversi d'architettura, posti gli uni su gli altri, notisi per regola generale, che il forte regga il debole, cioè che l'ordine superiore debba essere sempre più dilicato di quello che sta al di sotto. Così bisogna che il Toscano stia sotto il Dorico, il Dorico sotto l'ordine Jonico, l'ordine Jonico sotto il Corintio, il Corintio sotto il Composito, e gli assi delle colonne devono essere sempre sulla medesima retta.

Quando le colonne sono interamente isolate e sopportano tutto il peso del cornicione, vuole Vitruvio che quelle del secondo ordine sieno sempre minori d'un quarto in grossezza di quelle del primo, e quelle del terzo d' un quarto di quelle del secondo, perchè, dic'egli, è giusto che quel che porta sia più forte di quel che è portato, oltre di che s'imitano con ciò gli alberi, la cui grossezza diminuisce sempre di mano in mano che il fusto s' allontana dalla radice.

Gli antichi monumenti che ancor ci rimangono seguono una tal regola, dice il sig. Blondel, perchè le colonne del secondo ordine del Portico della scena che è al teatro di Pola in Dalmazia, sono i tre quarti di quelle al di sotto; quelle del terzo ordine del Settizonio di Severo erano i tre quarti di quelle del secondo, ma quelle del second'ordine erano più alte rispetto a quelle del primo: perchè queste non sorpassavano le colonne del mezzo che d'una sesta parte, cioè l' altezza delle colonne al di sotto stava a quelle delle colonne del mezzo come 6 : 5.

A Scamozzi non garba questa regola di Vitruvio, dicendo che non è fondata sopra alcuna ragione. Vuol che le colonne superiori prendano la misura della loro grossezza su quelle del di sotto, cioè che la grossezza del piede della colonna superiore debba essere la stessa di quella dell'alto della colonna inferiore, come se le colonne dei diversi ordini provenissero da un grand'albero tagliato a strati paralleli al loro asse verticale, i cui pezzi posti gli uni su gli altri seguissero la lor diminuzione naturale.

Serlio dà pure per regola generale agli ordini che devono essere l'uno all'altro sovrapposti, che il superiore sia sempre i tre quarti di quello su cui posa immediatamente, fuorchè agli edifizj che hanno un rustico nudo per primo ordine; essendo necessario che quello che gli sta al di sopra gli sia eguale, perchè altrimenti gli ordini più alti sembrerebbero troppo piccoli, e il rustico sarebbe troppo alto in proporzione del resto. Gli ordini di questa altezza son tutti col piedestallo o tutti senza piedestallo, affinchè i superiori essendo divisi nella stessa proporzione degli inferiori, le colonne e i cornicioni superiori si trovino sempre i tre quarti del piano al di sotto.

Senza fermarmi a riportare le diverse regole che gli architetti han dato per la composizione degli ordini delle colonne, che devono essere poste le une sopra le altre, ci atterremo a quella di Scamozzi che mi pare ben concepita. Per la qual cosa dirò una volta per tutte che quando si vogliono mettere due ordini l'un sopra l'altro, bisogna, determinata la diminuzione della colonna dell'ordine inferiore, servirsi del semidiametro dell'alto del fusto pel modulo che deve regolare l'ordine superiore. Per esempio volendo mettere il Corintio su lo Jonico, avendo veduto nel terzo capitolo che la colonna jonica secondo Vignola dove diminuire in alto di tre parti da ciascun lato, sicchè il diametro della sommità del fusto sia ridotto ad un modolo e dodici parti, bisogna fare una linea eguale alla metà di questa quantità, che valga quindici parti, e servirsene per il modulo che dee regolar l'ordine Corintio, dopo averlo però diviso in diciotto parti eguali, per conformarsi alle misure di cui Vignola si serve per quest'ordine. Così volendo mettere un terzo ordine sui due precedenti, cioè il Composito sul Corintio, si vedrà che la colonna corintia dovendo diminuire in modo che il semidiametro, che è di 18 parti al basso, si riduca a 15 in alto, si adopererà ancora questo semidiametro ridotto pel modulo che deve ordinare il terzo ordine.

La regola precedente non deve però essere considerata come tanto generale da non potersi prescinderne talvolta, accadendo bene spesso che debba conformarsi l'altezza delle colonne a quella dei piani, non che alla differenza dei loro ordini. Oltredichè devesi pure tener conto della proporzione che l'altezza di una facciata deve avere con la sua larghezza, e dell'altezza dell'edificio medesimo; perchè alle colonne molto alte, la distanza a cui son poste dall'osservatore potrebbe considerevolmente alterare le misure ordinarie, renderle diverse di quelle che si adoprerebbero se meno lontane; e con tale scopo indubitabilmente, dice Blondel, l'architetto del Coliseo ha dato maggior altezza al pilastri dell'ultimo ordine che alle colonne corintie del terzo, ed a queste maggior altezza che alle joniche del secondo; perchè disposti i due primi ordini in modo che le colonne doriche inferiori sieno più alte delle joniche nel rapporto di

38 a 35, ch' egli ha assunto come esattamente corrispondente alla loro elevazione, cioè alla distanza da cui devon esser vedute, e ha fatte quelle del terz' ordine più alte di quelle del secondo, nella ragione di 37 a 35, e quella dell' ultimo ordine ancor più alte di quelle del terzo nella ragione di 38 a 37, perchè ha creduto che queste altezze a tanta lontananza, riescirebbero ragionevolmente diminuite, per produrre buon effetto agli occhi degli spettatori.

La difficoltà di ben determinare le grossezze delle colonne che devono essere sovrapposte le une alle altre proviene da quella regola inconcussa d' architettura, la quale non tollera che alcun peso dell' edificio sia collocato *in falso*. E siccome il plinto della base d'una colonna deve corrispondere al vivo del piedestallo su cui si posa, l' architrave al vivo del sommoscapo della colonna, e il fregio a quello dell' architrave, come pure il nudo del timpano del frontispizio, bisognerebbe su questo principio che il plinto della base del secondo piano, nel caso in che si trovasse immediatamente posato sulla cornice del primo, corrispondesse al vivo dell'alto della colonna inferiore, e che i membri i quali vogliono situarsi fra loro, sia uno zoccolo, sia un piedestallo, fossero nell' egual modo posati. Ma se si dà a tutte queste parti l' aggetto che loro conviene secondo la natura dell' ordine, ne nasce o che il vivo della colonna al disotto si trova più spesso posto indietro o in risega fuor dell' appiombo di quello della colonna inferiore, o che il suo diametro è talmente diminuito che la colonna diventa fuor di misura, il che presenta molte difficoltà che vincere non si possono sì di leggieri.

L' architetto del Coliseo, dice Bondel, non si è preso pensiero che le colonne superiori corrispondessero a piombo a quelle del disotto; per lo contrario le ha indietreggiate di molto, ponendole su le riseghe del corpo del muro, e con questo ripiego ha potuto facilmente impedire che nulla posasse *in falso*.

» Di tal pratica abbiamo un esempio, dice egli ancora, nella facciata della Chiesa S. Luigi dei Padri Gesuiti della contrada S. Antonio in Parigi, ove le colonne degli ordini superiori rientrano di mano in mano, la qual cosa non sembra di fronte, ma solo al guardarle di fianco; e ciò, ad avviso di alcuni moderni, produce un cattivissimo effetto ottico.

» Questi stessi architetti, ad evitare un tale inconveniente, furono d' avviso che non si debbano por mai piedestalli negli ordini superiori, ma solo zoccoli, sotto le basi delle colonne; il che si oppone alla dottrina di Vitruvio, che colloca i piedestalli in tutti gli ordini della scena del suo teatro e tutto all' intorno; ed al sistema degli antichi, che pochi esempi ci lasciarono di colonne l' una all' altra sovrapposte senza piedestallo. Gli architetti moderni se ne servono quasi sempre per determinare l'altezza degli appoggi degli archi o delle finestre, che stanno negli intercolunnj degli ordini superiori. »

Non avendo trovato nulla di determinato negli autori per sapere a qual partito appigliarsi nella scelta di quanto è stato detto ed eseguito al proposito della composizione degli ordini, sono costretto a confessare che questa parte della decorazione è difficilissima, ed esige molte cognizioni che non possono essere sviluppate in un trattato tanto conciso. Per la qual cosa, credo opportuno l' esporre alcune osservazioni generali, lasciando

a coloro che vorranno particolarmente dedicarsi all'architettura, di approfondarsi in tal parte colla lettura dei buoni autori e l'esame de' più lodati edificj; cosa non tanto piana come potrebbero credere alcuni.

Pare che non si debbano mettere più di tre ordini di colonne l'uno su l'altro: perchè potrebbe nascerne un difetto di solidità; pure il primo piano potrebbe servire come di sotto base ai tre altri.

Quando si mettono parecchi ordini di pilastri gli uni sugli altri, s'incontra minor difficoltà per regolare la composizione degli ordini che allorquando trattasi di colonne, poichè allora basta avere riguardo alla differenza dei piani, senza prendersi molta cura degli aggetti.

I pilastri essendo egualmente larghi in alto che in basso, pare che la regolarità vorrebbe che quelli posti gli uni sugli altri fossero pure della stessa larghezza; ma due ragioni ne obbligano a fare il contrario; la prima si è che gli ordini dovendo aumentare in delicatezza, i pilastri devono pure aumentare in altezza rispetto alla larghezza. Or se il modulo fosse lo stesso per gli ordini superiori come per gli inferiori, ne seguirebbe che gli ordini e i piani aumenterebbero in altezza, a misura che gli uni si innalzano sopra gli altri; il che non converrebbe, sopra tutto alle facciate che non hanno una grande elevazione, e in cui il punto di vista non è lontanissimo dalle parti che compongono l'ordine.

La seconda si è che se vi fossero colonne con pilastri, come accade bene spesso, il diametro dei pilastri superiori si troverebbe maggiore di quello dell'alto della colonna inferiore, il che produrrebbe ancora un altro difetto contrario alla buona architettura.

Supponendo dunque che si vogliano mettere parecchi ordini di pilastri gli uni sugli altri, credo che il miglior modo sia cominciare a regolar l'altezza di ogni ordine secondo le massime di Vitruvio; cioè che il piano superiore sia sempre i tre quarti di quello che sta immediatamente al di sotto. Poi ci atterremo a quanto è stato insegnato al Capitolo Secondo, come se si trattasse delle colonne, ed allora il diametro delle colonne determinerà la larghezza e l'altezza dei pilastri, quindi la metà di questa larghezza o il semidiametro, diventerà un modulo, che si dovrà dividere in altrettante parti eguali quante prescrive il Vignola per l'ordine di cui si tratterà. E però sarà facile il regolare tutte le parti di ogni ordine.

Quando si vuol decorare un edificio, e si vuol dargli un aspetto di solidità, bisogna fare il primo piano d'un ordine rustico, su cui si potrà innalzare un ordine di colonne o di pilastri (perchè io intendo qui per primo piano quello del pian terreno), al qual proposito è da notarsi che si può fare il secondo piano più alto del primo, perchè allora il primo non è considerato che come sottobase del secondo. Ma se si trattasse d'un corpo di fabbrica che si volesse fare più in alto delle sue ali, l'ordine del pian terreno non deve essere più alto di quello delle ali: ma deve per tutto scorrere egualmente.

Quando vi sono degli appartamenti, che ricevono la luce dai portici o dalle finestre che hanno un appoggio, allora i pilastri devono avere i piedestalli della medesima altezza degli appoggi, o per meglio dire i piedestalli debbono essere continuati e servir d'appoggio alle finestre; ma se queste finestre non avessero appoggio e discendessero sino al livello dello

spazzo degli appartamenti, allora sarebbe miglior consiglio non dar piedestalli ai pilastri.

Devesi pure notare che non si hanno da mettere colonne di diversa grandezza l'una accanto dell'altra, imperocchè possono produr solo un disaggradevole effetto. Così pure, volendosi aggiugnere qualche parte ad un edificio già costruito, si mantenga sempre dello stesso ordine, ed anzi, se si può, sieno queste regolate dallo stesso architetto che ha inventato il resto dell' edificio, in modo che le parti insomma si leghino col tutto più che è possibile.

Per dir qualche cosa dell'ordine Attico, ordine piccolissimo sempre innalzato al di sopra d'un maggiore e che termina l'alto d'una facciata, è bene sapere che non gli si assegna che il terzo dell'ordine inferiore quando non ve ne ha che un solo; ma ove se ne trovino molti, può avere sino la metà ed anche i due terzi di quello su cui immediatamente si posa.

L'ornamento il più comune degli attici si fa con pilastri raccorciati che si chiamano così perchè egualmente larghi del sommoscapo delle colonne o pilastri dell'ordine inferiore, la loro altezza non può essere tale da corrispondere alla richiesta dalle regole, avendo al più di altezza cinque o sei volte la loro grossezza, compresa la base e il capitello. La loro base si fa come al solito: ma i capitelli son quasi sempre quadrati, cioè tanto alti quanto il pilastro è largo. Si prende un settimo di questa altezza per l'abaco, ed il resto è occupato da un vaso rovescio di una sola fila di foglie, simile a quelli dei capitelli corintii. Quanto al cornicione, deve essere proporzionato all'altezza di questa specie di pilastri; ma per lo più è composto solo di una cornice senza fregio nè architrave.

Alcuni pongono un attico tra due piani, ad esempio di Vitruvio, che nella descrizione della sua basilica, sembra collocare una maniera d'attico tra due ordini di colonne. Ma, a vero dire, un attico che trovisi in tutt'altro luogo che nell' alto della facciata dee produrre, a mio avviso, un cattivissimo effetto.

La sovrapposizione degli ordini ha dato origine ad un quesito, che ha levato molto rumore in Francia; sapere cioè con quali norme potrebbesi stabilire un ordine da innalzarsi al di sopra del Corintio, cioè inventare un sesto ordine che prevalesse su gli altri cinque ordini di quanto l'ordine composito prevale su questi. Un tal ordine che si dovea chiamare l'ordine Francese, fu proposto a tutti i dotti architetti dell'Europa con un premio molto considerevole a coloro che presenterebbero un nuovo disegno meritevole di riportare un nome sì glorioso. Ben presto i primi ingegni e della Francia e d'altri paesi si posero all' opera. Ma per una fatalità, che non sembrerà quasi credibile, fra un milione di diversi disegni non se ne è trovato uno solo che meritasse un menomo applauso. Blondel dice che la maggior parte era un ammasso di stravaganze, di chimere gottiche e di meschine allusioni.

Ne ho veduti molti anch'io, che non erano certo una bellissima cosa, quantunque portati a cielo da persone di molto credito, che aveano, a quel che sembrava, interesse a farli valere. Pure converrò che alcuni disegni nell'invenzione di Sebastiano Leclerc, non devono essere confusi con quelli di cui ho parlato; il gusto squisito di questo autore è

conosciuto abbastanza perchè potesse far cosa cui mancassero o molto o poco gli applausi.

Quantunque le sollecitudini prese per inventare un nuovo ordine non abbiano fatto molto onore all'ultimo secolo (64), si avrebbe però torto di rimanersene scontenti a quei tentativi. Talvolta si trovano felici ingegni che producono senza fatica quanto i loro predecessori hanno invano tentato: perchè ciò che la natura rifiuta in un caso, concede qualche volta con usura in un altro. Noi ammiriamo oggidì gli antichi architetti, e col tempo ne verranno degli altri meritevoli sotto ogni rispetto dei medesimi sentimenti. Ma intanto sovra un ordine composito si può sovrapporre un altro composito ad esempio degli antichi, che ad un corintio sovrapposero un altro corintio. Nè sarebbe cattivo consiglio il sovrapporre cariatidi o colonne persiane, perchè non costituendo queste un ordine particolare, pare che l'une e l'altre convenir possano a tutti gli ordini. Nè bisogna essere schifiltosi ad esempio di coloro che nulla adottar vogliono in fatto di architettura di quanto gli antichi monumenti non abbiano lasciato lodevole esempio: al proposito dell'ordine composito, noi abbiamo tanto diritto di alterare i pensieri dei Romani, quanto essi ne hanno avuto per dipartirsi dagli ordini Greci. Ma non però si dee ciò fare ad occhi chiusi, ed esimersi da quelle norme generali cui si attennero anche i Romani nelle loro invenzioni.

Alcuni architetti de'nostri tempi hanno osato molto di più, avendo abbandonato interamente le antiche regole per seguire quelle soltanto d'una folle immaginazione, e se avessero avuto molti imitatori, l'architettura gottica con tutto il suo ridicolo, avrebbe forse regnato una seconda volta.

La chiesa dei Teatini a Parigi ne offre un esempio che non si sarebbe dovuto aspettare nel secolo illuminato. Perchè sembra che chi lo inventò abbia voluto esaurire tutto ciò che un'aberrante fantasia può inventare di più stravagante, non solo nell'ordine di maniera bizzarra oltre quanto siasi mai veduto nel gottico, ma anche nelle distribuzione del terreno che pecca contro il senso comune. Mi si permetta ancora questa riflessione. Non v'ha cosa più pericolosa nella società di coloro che non vogliono conformarsi alle massime generalmente ricevute: perchè, siccome il disprezzo ch'essi ne fanno, deriva sempre dal non avere capacità bastante da conoscerne i vantaggi, cercano di stabilirne a loro capriccio, e quantunque diano nel falso, lo spirito di novità fa sì che molti si accomodino al loro partito. Poi col tempo anche le cose più mostruose considerate vengono siccome leggi; la ragione vuol trovarvi inutilmente a ridire; le si impone silenzio, e solo tremando si osa dichiararsi per essa.

(64) V. le Note del Navier.

CAPITOLO DUODECIMO

Della distribuzione e della decorazione degli edificj in generale.

Intendo per distribuzione l'uso che deve farsi d'un terreno sul quale si può innalzare un edificio. Questa parte dell'architettura può essere considerata siccome la principale e la più essenziale, e quella a cui tutte le altre sono subordinate. Di fatto sovrapponendosi colonne a colonne, facendosi regolarissimi profili e delicati quanto quelli dei più begli edifici antichi, quand'anche si adoperassero i più abili scultori alla decorazione, qual esito può aspettarsi, se il terreno fosse male distribuito, se le parti principali non avessero la grandezza, la nobiltà e gli sviluppi che loro convengono, ove si difettasse in qualche punto essenziale ripugnante alla qualità dell'edificio di cui si tratta (65)?

È vero che questa parte è molto più estesa oggidì che in altri tempi nol fosse. I Francesi hanno spinta la distribuzione ad un punto che li pone sotto tale rispetto molto al di sopra delle altre nazioni. Abbiamo in Francia ed in Italia palazzi fabbricati nei secoli precedenti l'esterno dei quali è decorato d'una bellissima architettura, intanto che la distribuzione dell'interno non ha nulla che vi corrisponda. Non vi si trova comodità di sorta, sembra che a bella posta abbiasi voluto tòrre la chiara luce e farvi regnare un perpetuo crepuscolo; i cammini occupano la parte maggiore degli appartamenti, e le porte son piccole e danno limitata idea dei luoghi ove conducono. Ma quantunque da un secolo in qua siasi inventato una nuova arte di distribuzione, non bisogna credere che tutto quanto si è modernamente costruito vada esente da difetti. Per esempio se si fanno in palazzi considerevoli dei vestiboli, delle scale, delle sale, delle anticamere delle sale di ricevimento, dei gabinetti e parecchie altre parti di tal natura d'una grandezza al di sotto dell'ordinario e proporzionata a quella dell'edificio, la cosa è in regola, ed è permesso abbandonare in tali occasioni le proporzioni comuni: ma è cosa ridicola, come è accaduto a parecchi architetti, il far simili stanze in una piccola estensione, invece di trarre dal terreno un più giudizioso partito.

Non basta valersi dello spazio che si vuol occupare in modo da trovarvi quasi tutte le necessarie comodità; bisogna ancora, facendo la distribuzione, prendersi pensiero della decorazione esterna, sia con degli avancorpi o padiglioni proporzionati alla massa dell'edificio, sia collocando porte e finestre in modo che esse producano una perfetta simmetria; o distribuendo le parti in tal maniera che siano suscettibili degli ornamenti che vi si vorranno porre: in una parola, se tutte le parti non hanno un accordo

(65) V. le Note del Navier.

tra loro, non sarà mai il disegno meritevole della approvazione delle persone di buon gusto. Si può dire al contrario che, combinando l'esterna coll'interna disposizione, nasce un effetto gradevolissimo all'occhio che non si saprebbe a qual ragione attribuire, non vedendosi che finestre, pilastri, mensole ed altri cotali ornamenti, che per sè stessi non poteano produrre la stessa emozione.

Non può tacersi ch'ella è difficilissima cosa, per non dire impossibile, arrivare a questo perfetto rapporto delle parti interne d'un edificio con le esterne, quando un architetto non è assoluto padrone del suo argomento, e che bene spesso le più piccole cose deviare lo fanno dal giusto sentiero; poichè s'egli cede a persone testerecce e che si credono fornite d'una pretesa capacità, su lui ricadrà poi il biasimo, poichè responsabile lo renderanno dei difetti ne' quali sarà incorso. I saccenti son pericolosi in tutto: ma insopportabili in fatto d'edifizj, e quel che è peggio si è che tutti vogliono essere architetto.

Siccome non è qui il luogo di insegnare a fare una distribuzione, e non lo si potrebbe anche fuorchè dando le piante de' più begli edifici di Parigi con le necessarie annotazioni, mi contenterò di dire, che non potrà pervenirsi a fare una pianta perfetta, se componendo quella del pian terreno, non si tien conto dei piani superiori cominciando dai sotterranei sino al tetto: senza di queste precauzioni, accadono talvolta funestissimi casi, e bene spesso irreparabili. Una distribuzione è resa perfetta dal naturale collocamento di tutte le parti dell'edificio, nelle quali bisogna conservare la nobiltà, la grandezza e le convenienti distribuzioni.

Se abbiamo vinti gli antichi nella distribuzione, e troviamo a che dire sulla loro magnificenza, si può con giustizia asserire che non siamo altro che loro fedelissimi copisti per la decorazione, e che la più bella architettura de' nostri giorni, non è apprezzata se non in quanto è conforme alla loro. Ma è più difficile che non si pensi il ben imitarla, poichè per abile che siasi, non si può giammai esser certi di successo, non lavorando, per dir così, che per congettura, e non avendo principj dimostrati ai quali si possa attenersi. Le uniche regole su cui si possa contare son quelle certo della prospettiva, che potranno far conoscere le vere proporzioni che si devono seguire. Si deve dunque attendere con tutta la cura possibile allo studio d'una scienza sì necessaria, e la cui unione coll'architettura è sì intima, che è quasi impossibile giugnere in questa alla perfezione, senza avere una perfettissima cognizione dell'altra; perchè si trovano nella decorazione dei grandi edificj tante parti diverse, di cui le une sono più internate delle altre, e bisogna convenire che non si potrebbe calcolare il loro effetto sopra una semplice elevazione geometrica. Gli aggetti i più utili e più belli per decorar gli edificj, son le cornici che li coronano con grazia, e preservano il paramento dalle inginrie del tempo. L'altezza e l'aggetto dei cornicioni dipendono dall'elevazione degli edificj e dalla distanza da cui devono essere veduti: le cornici più piccole, sono scanalate e non hanno che una modanatura coronata, come una grossa gola, un toro, od una cimasa con alcuni listelli od astragali; esse non si pongono in opera che agli edificj rustici che non si vogliono decorare. Ma quando si vogliono fare più ricche, si possono adoperare a proposito quelle del cornicione d'uno dei cinque

ordini, secondo che si creda ch' elle potranno convenire all' edifizio, il che si fa solo quando si adopera tutto il cornicione dello stesso ordine; poichè, a ben considerarla, è molto miglior consiglio formare espressamente la cornice, per aver riguardo alle più essenziali circostanze, sia rispetto ai diversi effetti che possono produrre le modanature, o alla natura della pietra, che non si presta sempre ad esprimere delle parti dilicate. Anche il colore può contribuire di molto; perchè se si adopera una pietra colorata o screziata, occorrono modanature che abbiano molto aggetto e che possano facilmente distinguersi ne producano confusione; in vece che se la pietra è bianca, non occorrono tanti riguardi, perchè la luce che vi si riflette fa sì che nulla si perda nell' ombra.

Perchè una cornice sia ben profilata bisogna che le modanature abbiano tra loro un certo rapporto. A tal fine si evita che due o tre modanature simili s' incontrino di seguito, come pure parecchie altre d' una medesima altezza. Deve trovarsi un contrasto nella loro distribuzione, facendole alternativamente triangolari e circolari, o diverse in grandezza. In generale l' aggetto della cornice dev' essere press' a poco eguale alla sua altezza.

Quando l' edificio è molto alto, e d' un uso particolare, un cornicione intero gli si addice molto più d' una cornice sola, e la massa ne é coronata con molta grazia. La proporzione di esso deve determinarsi operando come se si trattasse di un ordine intero. Per altro, quando si creda cosa opportuna, si può diminuire l' architrave ed il fregio, che deve farsi con molta artè. Se il cornicione è tutto intero, devesi arricchire il fregio di mensole, e la cornice di modiglioni. Si può di tutto questo veder qualche esempio considerando le cornici e i cornicioni, portati sulla tavola XLVII, dalle quali potranno dedursi alcune idee per giovarsene alla opportunità.

Fig. 4. Cornice toscana del Vignola.
» 5. . . . dell' autore.
» 6. . . . di Palladio.
» 7. . . . di Scamozzi.
» 8. . . . jonica di Vitruvio.
» 9. . . . . . del Vignola.
» 10. . . . per la grondaja delle coperture.
» 11. Cornicioni semplici.
» 12. Altra cornice per sostenere i gocciolatoj delle coperture.
» 13. Cornicione per coronare un edificio.
» 14. Modi con cui i frontispizj devono incontrar le cornici.
» 15. Disposizione delle cornici che compongono un frontispizio rispetto alle linee che han servito a formarla.

Si aggiunga che non devesi giammai interrompere il corso d' una cornice tagliandola al luogo degli abbaini perchè tal cosa offende l' occhio ed è contraria a tutte le regole. Dirò pure che volendosi determinare le proporzioni delle modanature, si può, anzichè adoperare le parti di modulo, cominciare col disegnare la maggior modanatura, sicchè abbia con tutta l' altezza il rapporto che meglio si converrà, poi dividere l' altezza di qua-

sta modanatura in quel numero di parti eguali che si crederà più opportuno, e servirsene per le altre parti.

Quanto agli ornamenti delle finestre, le une son composte d'un' intelajatura semplice senza alcuna modanatura, le altre hanno un' intelajatura con delle modanature ed una cornice al di sotto.

I finestroni devono avere una cornice che sporga tanto da coprire coloro che vi si affacciano, ed allora un tale sporto si fa reggere da due mensole, come pure l'appoggio che termina la finestra in basso.

Le mensole della cornice devono essere egualmente larghe in basso che in alto, perchè seguano regolarmente l'intelajatura. La larghezza dell'intelajatura può essere d'una sesta parte della finestra. Al di là di essa, vi è una piattabanda che può essere larga quanto l'intelajatura o un po' meno: serve singolarmente a collocar le mensole della cornice, se la cornice è portata da mensole. Questa piattabanda deve essere meno larga della metà, e senz' altre modanature che quelle che compongono la sua cornice. Le mensole che portano l'appoggio devono essere situate al disotto dell' intelajatura ed avere la stessa larghezza. L' altezza di queste mensole può essere della metà dell' apertura della finestra tutto al più o del terzo almeno. Si fanno per ordinario più strette al basso che all' alto, ma per altro andrebbero meglio egualmente larghe. Spesso l'altezza del verone termina il basso di queste mensole.

La porta principale d'un edifizio essendo la parte più notevole della facciata, bisogna necessariamente che sia decorata a proporzione della dimensione dell' edificio; su questa norma dee pur regolarsi la sua grandezza. Per esempio se la facciata ha qualche parte di un ordine di architettura, bisogna, pel Toscano e pel Dorico, che la porta abbia per altezza un po' meno del doppio della sua larghezza; per l'Ionico si potrà dargli il doppio della larghezza, e pel Corintio e pel Composito un poco più. Quanto alla loro figura, le più belle sono rotonde o quadrate, cioè son terminate da un mezzo cerchio o da una piattabanda. Ve ne sono altre che si assomigliano a queste figure, come quelle in cui l'arco è a botte scema, o che avendo la figura d'una piattabanda, sono un po' più centrati. Quando si fanno come quest' ultime, il miglior disegno è quello che si descrive su la base d'un triangolo equilatero, il cui vertice è il centro. Io non dico nulla di quelle che si terminano a parecchie facce, perchè hanno cattiva grazia e non sono lodevoli.

Se si vuol porre un balcone al disopra della porta si può farlo portare da colonne quando il luogo lo permetta. In questo caso si fanno aggettare gli ornamenti d'architettura, o pure se non si fanno delle colonne il balcone è portato da mensole. Ma quando si è costretti di economizzare il posto, si fanno dei pilastri o avancorpi che hanno poco aggetto. Qualche volta anche la porta si pratica in una parte rientrante ed allora gli ornamenti si distribuiscono secondo la necessità e le circostanze.

Quanto ai cornicioni che coronan le porte, Scamozzi vuol che abbiano per l'ordine toscano la quarta parte dell' altezza del vuoto e la quinta parte dell' ordine composito, e che si prendano delle medie proporzionali tra questi due ordini pel ionico, il dorico ed il composito. Poi l'altezza del cornicione dev' essere divisa in quindici parti, di cui se ne danno cinque all' architrave, quattro al fregio e sei alla cornice e le modanature

si fanno a proporzione: la larghezza degli stipiti verticali e le modanature devono essere eguali a quelle dello stipite orizzontale il cui profilo è ordinariamente simile a quello dell' architrave.

Bisogna più che si può lasciare ai battenti dei portoni tutta la loro altezza, a meno che un *entresol*, non lo impedisca. Se la porta è rotonda e vi si mette un battente fisso deve occupare la parte centrata, sicchè l'imposta continuata serva di stipite orizzontale.

Quanto al loro scompartimento occorrono poche assicelle, quelle in basso devono essere agguagliate, e la ricchezza dei quadri e delle modanature sarà conforme alla decorazione architettonica. Se vi si praticano degli ornamenti di scultura, bisogna che abbiano poco aggetto, facendo in modo che si trovino nella grossezza del legno senza essere riportati.

Per dir pur qualche cosa dell'interno degli edificj, bisogna convenire che non si è mai spiegato tanto gusto quanto al dì d'oggi negli appartamenti un poco considerevoli. La maniera d' ornare i cammini, domanderebbe essa sola un gran dettaglio, se si volessero riferir degli esempi per mostrar l'arte di ben combinare il marmo, le sculture e il bronzo dorato per decorare gli specchi che ne sono principale ornamento. Ma il lettore può consultare a tale proposito il libro di Daviler che ha trattato a fondo questo argomento, e mi appagherò di parlare degli altri ornati che sembrano essenzialmente appartenere alla architettura.

Gli antichi, stando alle parole di Vitruvio, ornavano le loro soffitta di legni preziosi e di opere intarsiate, ricchissime per la diversità dei legni colorati, dell' avorio e delle materie preziose, di che si componevano gli scompartimenti, arricchiti di lamine di bronzo. È certo che i plafoni convengono molto alle sale ad ai grandi locali, ove l' altezza della soffitta è tale da poterli vedere ad una ragionevole distanza, perchè nei piccioli locali occorre il minor aggetto possibile. Per fare la divisione degli scompartimenti, i quadri devono corrispondere ai vuoti del muro, come finestre e porte, la qual cosa si ottiene assai facilmente.

Nei grandi locali, occorrono grandi scomparti, particolarmente uno che segni il mezzo, e che sia diverso dagli altri per la sua figura; per esempio deve essere rotondo od ottagono pei locali quadrati e ovale pei quadrilunghi; i cassettoni possono essere ornati di rosoni aggettanti che non devono però sorpassare la superficie esterna delle travi principali. Le cornici o cornicioni devono essere talmente proporzionati che le loro trabeazioni abbiano la stessa altezza che se vi fosse un ordine al di sotto, perchè la cornice non difetterà nè di forza nè di debolezza, quando sarà posta all'altezza dell' ordine che deve coronare.

Quanto al fregio gli si possono assegnare bellissimi ornamenti; ma bisogna che sieno distribuiti con scelta e con gusto e che convengano al luogo ove sono adoperati. Ma per regolare in una maniera generale la proporzione che devono avere i cornicioni che portano le soffitta, se non v' è che un architrave o un' imposta, bisogna, secondo Scamozzi, che abbia la sedicesima parte dell' altezza dal pavimento sino alla soffitta, e se il luogo permette di porvi una cornice, sia con modiglioni o senza modiglioni, bisogna che abbia allora la tredicesima parte e mezza di quest'altezza.

Daviler vuol che si dia alle cornici la dodicesima parte dell' altezza

delle camere, o ciò che torna lo stesso un pollice per piede, e questo pei locali che avessero da 8 sino a 16 piedi di altezza, e per quelli che ne hanno di più, ed in cui si vogliono praticare i cornicioni, un decimo dell'altezza.

Per ornare le porte degli appartamenti, bisogna dividerne l'altezza in quindici parti, delle quali se ne daranno cinque all'architrave, quattro al fregio e sei alla cornice. Si potranno pure mettere delle mensole lavorate per portar le cornici; le mensole poggeranno su gli stipiti verticali.

Non mi estendo molto su la interna decorazione degli edificj perchè sarebbe cosa impossibile il voler determinare leggi alle quali il capriccio volesse sottomettersi. Perchè sopra questo argomento gli architetti han sempre idee nuove e se ve n'ha di quelli che fanno cose degne d'ammirazione, bisogna confessare che ve ne ha pure un gran numero d'altri che ne immaginano di ineseguibili; ed ecco come a tal proposito, Courtonne, architetto reale, si esprimeva alla fine del suo trattato di prospettiva.

» Per fare adesso qualche cenno delle parti interne dei palazzi e delle case le più considerevoli, noterò che si sono praticati tanti cangiamenti alle loro decorazioni, che oramai non si conoscono più, e che si avrebbe bassissimo concetto d'un architetto che non si sbizzarrisse aggiugnendo qualche singolar novità a quelle introdotte contro l'uso e a dispetto del senso comune.

» Gli ornamenti di scultura ben trattati aggiungono, è vero, non poco pregio alle bellezze architettoniche, e soprattutto nelle parti interne dell'edificio; ma siccome, propriamente parlando, non sono che accessorii e devesi sempre considerare la proporzione di tutti i membri architettonici come oggetto principale, non bisogna valersene che con molta cautela, se si desidera che l'occhio rimanga soddisfatto e ne gusti pienamente tutte le bellezze: ma allorquando si affastellano ornamenti su tutte le parti senza scelta e senza necessità, non v'ha più che confusione, l'occhio non sa più ove fermarsi, l'architettura vi riman soffocata, e nulla ne piace, perchè nulla sa colpire il nostro animo.

» Queste riflessioni troppo lontano ci condurrebbero se volessimo citar degli esempi che certo non andrebbero molto a grado alle persone che vi hanno interessamento; mi accontenterò di dire che non basta togliere la confusione degli ornamenti di scultura, se non si sa o non si può farne la scelta, che per lo più dipende dalla qualità, dall'uso ed anche dai gusti particolari dei signori che fanno edificare. Si potrà dunque scegliere tra i diversi trofei di guerra, di marina, di caccia, di musica, di scienza, ed altri che potrei nominare, quelli che meglio s'addirebbero al soggetto da trattarsi, e di tal cosa bisogna prendersi maggior pensiero, quando si vuol ottenere l'approvazione dei conoscitori.

» Ma siccome questi ornati interni sono in oggi d'una grandissima importanza per la grande spesa che la moda ha renduto come necessaria, bisogna che l'architetto esaurisca tutti i segreti dell'arte alla distribuzione e disposizione delle parti che consistono in una bella proporzione, in una dilicata scelta di belle trabeazioni, e in una gran varietà.

» Intendo per proporzione l'altezza da darsi alle cornici sotto i plafoni,

la distribuzione dei pilastri, assicelle, quadri, ed altri fregi di legname minuto, la cui disposizione dipende dalla grandezza dei locali, dalla loro altezza e dalle difficoltà che prodoce la situazione delle porte, finestre e cammini.

» Le trabeazioni che si fanno all'interno son molto diverse da quelle che si praticano al di fuori: devono essere dilicatissime, aver poco eggetto, al pari degli ornamenti d'architettura; e l'architetto deve farne egli stesso le trabeazioni, nè mai fidarsi degli operaj.

» Quanto alla varietà, deve regnare in tutti i locali d'un appartamento; cioè i disegni devono essere diversi, come pure i profili e gli ornamenti, con questo riguardo però che i primi si fanno d'ordinario meno ricchi degli altri.

» Finalmente, volendosi che il lavoro riesca perfetto, non bisogna appagarsi di dare agli operai disegni esatti e chiari, ma bisogna farli eseguire in grande sul luogo stesso, e farvi disegnare con la maggior possibile esattezza tutti gli ornamenti che vi si vorranno mettere, per poter correggere, aumentare e diminuire le parti, che sembreranno troppo forti o troppo deboli: perchè ben altrimenti può farsi giudizio delle opere eseguite in naturale grandezza di quello che sopra un disegno ridotto in piccolo; e la esperienza lo insegna.

» Già dalle poche osservazioni che abbiam fatto può scorgersi come le cognizioni necessarie ad un buon architetto sieno molto più estese di quanto generalmente si crede, e non basti aver esercitata la funzione di disegnatore per qualche anno, per meritarne il titolo, come pur troppo d'ordinario succede a chi entra in questa carriera non solo povero delle necessarie nozioni teoriche, ma privo anche di quella pratica, e di quella esperienza consumata negli edifici, che non si acquista nel gabinetto, ma solo con continue ed indefesse fatiche. Non bisogna dunque maravigliarsi se l'architettura ha perduto molto del suo primo splendore da un certo numero di anni e deve anzi temersi che questo male si aumenti se non si esigono altre doti in coloro che pretendono coltivarla. »

Siccome questo discorso del sig. Courtonne, racchiude parecchie cose istruttive, nulla ho voluto cambiare. Ho soppresso soltanto un articolo che manifestava troppa acrimonia contro alcuni artisti della sua professione, che non nomina per dir vero, ma ai quali non sarebbe stato difficile fare l'applicazione. Del resto torno alla spiegazione di alcuni punti che devono terminare questo capitolo.

Si fa sempre un vestibolo ai grandi edifizi, come all'ingresso d'una chiesa, d'un palazzo o di tutt'altro considerevole fabbricato. Un vestibolo, come è noto, si innalza sovra parecchi gradini che si estendono lunghesso la facciata. I gradini, secondo Vitruvio, devono essere in numero dispari, e alti cinque o sei pollici al più, sopra 10 o 12 pollici di larghezza cioè bisogna dar loro per larghezza circa il deppio della loro altezza, per rendere la salita più facile e più dolce.

Quando un vestibolo è alto tredici o quindici gradini, sarà opportuno interromperne la serie con uno o due riposi, per impedire il capogiro che suol nascere in discendendo una sì grande altezza senza appoggio. Ma bisogna soprattutto prender cura che il vestibolo sia sempre praticato nell'altezza dello zoccolo o basamento dell'edificio, osservando che, quantunque il basamento tenga luogo del piedestallo continuo, non deve avere nè base, nè cornice.

Per far pure menzione dei balaustri e delle balaustrate, che si praticano con tanto vantaggio negli edificj, sia per la comodità o solo per la decorazione, come quando si fanno al di sopra della cornice dei cornicioni, per terminare con garbo una facciata, si noti che le balaustrate non sono altra cosa che una serie di balaustri frammisti e terminati da piedestalli della medesima altezza, il tutto portante una tavoletta a mo' d'appoggio. Queste balaustrate devono finire con semipilastri uniti ai piedestalli. I balaustri si fanno di diverse forme, ma i rotondi e i quadrati son preferibili agli altri.

Invece dei balaustri si fanno qualche volta delle intrecciature, che riescono non meno vaghe. Si rendono più o meno dilicate secondo i luoghi ove devono essere poste; per esempio quelle che sono situate al di sopra d'un edificio, che non si potranno vedere che da lontano, devono essere più massiccie di quelle fatte per essere vedute da vicino.

I trofei compongono ancora nell' architettura un ornamento nobilissimo; la loro figura è un tronco d' albero carico e circondato d' armi di ogni specie. Derivano dai Greci che innalzavano sul campo di battaglia un tronco con sovvi le spoglie degli inimici per contrassegnare la loro vittoria. Questi monumenti erano consacrati a Marte, nè poteansi toccare senza sacrilegio, e giudicarne da quel che dice Vitruvio nell' ottavo capitolo del suo secondo libro.

I trofei possono idearsi d'ogni gusto, secondo la natura dell'edificio ove si vogliono adoperare. Per esempio, si fanno libri, sfere, globi e strumenti matematici per rappresentare le arti e le scienze; ora scelgonsi istromenti di musica, ora altri che convengono all' architettura, o alla marina; alle manifatture, ai pubblici magazzini ed agli arsenali.

Quanto ai trofei d'armi, che sono i più ordinarii e i più considerevoli, sembra che quando si tratta di qualche edificio militare, sia miglior partito servirsi delle armi che sono in uso oggidì, anzichè l'adoperar quelle di cui si servivano gli antichi. I nostri cannoni, i nostri archibugi, i nostri mortai, le nostre bombe, le nostre bandiere, le nostre picche, i nostri tamburi, le nostre trombe ec... non sono meno nobili nè meno belli, opportunamente combinati insieme tra loro, degli scudi, archi, faretre, dardi, baliste, catapulte, arieti, ed altre armi degli antichi. Del resto tutto quel che si chiama ornamento deve dipendere dal buon senno dell' architetto; in ciò si conosceranno il suo gusto e la sua capacità, non solo nella invenzione degli argomenti, ma nella giusta applicazione che se ne potrà fare.

Quando si vuol decorare una piazza pubblica, che deve contribuire alla bellezza d' una città, non bisogna risparmiare magnificenza negli edificj che la circondano. Ora perchè la magnificenza e l' utilità vadano di pari passo si devono praticare due piani nell' altezza dell' ordine: e se si innalza il tutto sopra un rustico, l'ordine avrà un aumento di bellezza; così si è fatto con molto buon successo alla piazza Vendôme ed alla piazza Vittoria in Parigi.

Si potrà innalzare una balaustrata al di sopra del cornicione per terminare piacevolmente la facciata e nascondere in parte il tetto, che non produce mai un buon effetto, quando si tratta d' una bella architettura. Ma al proposito delle balaustrate ho dimenticato di dire che lo zoccolo sul

quale si posano i balaustri deve avere un' altezza eguale all' aggetto intero del cornicione, ed anche qualche cosa di più; e che bisogna dare ai balaustri due piedi di altezza come si è praticato ai più begli edificj di Parigi. Soggiugnerò ancora che bisogna osservare di non fare le balaustrate sì lunghe, che sia necessario adoperare parecchi pezzi per la tavoletta, il che è contrario alla buona grazia ed alla solidità; poichè riesce ingratissimo all'occhio il vedere quindici o venti balaustri di seguito senza pilastri e senza alcun legame; credo che nove o dieci al più da pilastro a pilastro potrebbero bastare.

Si pongono qualche volta nel mezzo delle pubbliche piazze delle piramidi che sono monumenti i quali servono a tramandare alla posterità la memoria dei grandi principi. Si ornano per lo più d'un trofeo d'armi, di figure, di bassirilievi, che rappresentano le loro memorabili gesta, le loro vittorie, le loro virtù, la loro potenza, e i nemici da loro debellati.

Una piramide deve essere alta in modo da sorpassare tutti gli edifici che le stanno all' intorno, e deve formare un ricco ornamento per la città in cui sarà eretta. Bisogna pure aver cura che una piramide sia sola, che se no perderebbe la sua vera significazione, quella cioè di rappresentare la gloria d' un principe che regna o che ha regnato.

LIBRO SESTO

MODO DI FAR LE PERIZIE PER LA COSTRUZIONE DELLE FORTIFICAZIONI E DEGLI EDIFICJ CIVILI

Siccome non si possono istituir le perizie senza avere una cognizione esatta delle opere che si vogliono eseguire, m'è parso conveniente cosa il trattare questa materia dopo avere insegnato quanto s'è veduto nei primi quattro libri; perchè a bene compilare una perizia bisogna non solamente saper fare una buona scelta di materiali, per specificare le condizioni di quelli che si vorranno adoperare, e il modo di metterli in opera; ma bisogna ancora dichiarare le dimensioni delle opere, perchè si possano vedere tutte le particolarità del progetto sino alle menome parti. In una perizia un abile ingegnere può dar prova del suo valore, ed è difatto il caso in cui può convenientemente giudicarsene; perchè se ha buon gusto e sodi principii d'architettura militare e civile, li mostrerà colle dimensioni che saranno prescritte nella sua perizia; se è chiara e lucida la sua mente, si scorgerà un ordine ed una disposizione che renderanno interessanti i più noiosi soggetti: finalmente s'egli è capace di far eseguire i più difficili lavori, ne darà prova coi dettagli ben circonstanziati di tutto quanto deve entrar nella costruzione: la sua penetrazione andrà anche sino a preveder gli accidenti che potrebbero sopravvenire e niente gli sfuggirà. Si può dunque dire che una perizia deve essere considerata come il capo d'opera dell'ingegnere, e che di là dipende assolutamente l'esecuzione buona o cattiva del progetto. Quante volte, non è accaduto che nei grandi lavori si sieno fatti grossi sbagli per mancanza d'una buona perizia? E che non potrebbe dirsi per provarne le conseguenze?

Nell'uso ordinario le perizie sono stese dai direttori di fortificazioni, e più frequentemente dagli ingegneri in capo; ma siccome tutti gli ingegneri si troveranno una volta o l'altra nel caso di progettare da sè stessi, può riguardarsi questo sesto libro come quello che più importa

di ben conoscere, poichè, come ho già detto, gli altri che precedono non ne sono che l'introduzione.

La perizia è una memoria istruttiva di tutte le parti d'un'opera che si vuol costruire; spiega l'ordine e la condotta del lavoro, le qualità e maniere di materiali, e generalmente tutto quanto ha rapporto alla costruzione ed alla perfezione dell'opera stessa.

Le sue proprietà principali sono che tutte le materie sien poste in bell'ordine, annunciate chiaramente e ben dettagliate, senza confusione, non ommettendo nulla d'essenziale, e non inducendo in equivoci che possan poi dar luogo a contese cogli intraprenditori; deve combinarsi colla pianta e col profilo del progetto. Quando è fornita di tutte queste condizioni, serve di guida all'intraprenditore, agli operaj ed allo stesso ingegnere, perchè allora assoggetta gli uni e gli altri a lavorar di conserva, e conformemente all'intenzione del direttore o di chi ha fatto il progetto.

Non v'ha opera che non richiegga la sua perizia particolare; ma siccome occorrerebbe un dettaglio infinito per circostanziarne ogni specie, mi terrò contento a darne un'idea generale, che basterà per la spiegazione d'ogni sorta di lavori, e di quelli puranco di cui non farò menzione. A tal fine supporremo, come già abbiamo supposto, che si tratti di costruire una piazza nuova, i cui disegni sieno approvati e definitivamente stabiliti, e che non si tratti più che di farne la perizia, per poi procedere all'aggiudicazione. Eseguendo questo disegno, riporrò sotto gli occhi del lettore tutte le diverse specie d'opere di cui si è fatta menzione sin qui. Ma prima di tutto è opportuno ch'io mi fermi un momento, per far vedere la disposizione generale d'una perizia.

Bisogna cominciar dal far menzione della situazione della piazza e del suo poligono non che delle principali parti di fortificazioni che devono comporre il suo recinto, come pure del corpo della piazza, delle opere staccate e delle strade coperte. Si deve far cenno altresì delle misure da prendersi per stabilire il pian terreno generale, e formare la distribuzione delle contrade; di là si passa alle dimensioni di ogni specie d'opera, cominciando dal corpo della piazza, e continuando dalle altre opere staccate, dalle più prossime alle più lontane dal centro. Si fa menzione delle grossezze che devono avere i muri alla sommità e alla base, delle loro scarpe, riseghe e basamenti, dell'altezza e grossezza dei contrafforti, della larghezza e profondità delle fosse, della disposizione delle strade coperte, delle vôlte, porte, sotterranei e latrine, il tutto in generale soltanto; il che dee costituire la prima parte della perizia.

Si entra poi nel dettaglio della qualità dei materiali; come cemento, mastici, sabbia, calce, pietra di taglio, pietrame, pietra di paramento, mattoni, ferro, legnami ec. ec., il che forma la seconda parte; e si continua riprendendo ogni opera l'una dopo l'altra secondo l'ordine della sua particolar costruzione, dettagliando le precauzioni, servitù, forme e regole del lavoro in tutte le circostanze, notando sempre di cominciare col corpo della piazza, come abbiam detto, ed esaurir una materia prima di passare alle altre opere, che si devono trattare di volta in volta collo stesso metodo.

Finalmente si termina con la costruzione dei ponti, pozzi, magazzini, arsenali, ospitali, padiglioni e corpi di caserme, quantunque per altro si

usi fare una perizia particolare per quest' ultimi. In ogni caso, si dee conservar lo stesso ordine tanto per questi edificj, quanto per la piazza medesima, cioè disegnare addirittura le loro principali dimensioni, parlar poi della qualità dei materiali, e seguir dettagliatamente l' ordine della loro costruzione cominciando dalle opere grandi e terminando con le piccole; dopo che si pongono le condizioni che riguardono gli intraprenditori.

Ecco quanto può dirsi in generale su l' ordine e la disposizione delle parti d' una perizia. Quanto alle altre qualità che richiede per essere ben fatta, si riducono, come ho già detto, alla chiarezza ed alla precisione, cioè a distinguere chiaramente ogni cosa, a nulla dimenticar d'essenziale, come pure a nulla metter d' inutile, a non far che quelle repliche le quali riescono assolutamente necessarie per un perfetto schiarimento, a non lasciar nessun equivoco o dubbio che possa dar materia agli intraprenditori di contrastare, ed a specificar sempre più che è possibile, la quantità e la forza di ogni opera acciò l' intraprenditore sia obbligato di assoggettarvisi e che non solo, si possa fargli eseguire il contratto in tutte le circostanze, ma che non possa ancora trovare alcun sotterfugio per esimersi da quelle spese che la decorazione, e molto più la solidità, richiedessero.

Non bisogna in una perizia moltiplicare le intestature fuori di proposito; questo difetto le rende ordinariamente oscure, e, toglie ad esse quella chiarezza che deve avere. Val molto meglio racchiudere sotto un solo punto tutte le materie che possono avervi rapporto ed intestarle o postillarle in margine ognuna in particolare, affinchè si possano trovare a primo colpo d' occhio, quando l' occasion lo domanda.

Ho procurato di conformarmi nel seguente modello alle regole prescritte, e la lettura ne sarà istruttiva più d' un esteso discorso. Si troveranno la maggior parte delle dimensioni e delle condizioni osservate a Neuf-Brisach, che ho scelta espressamente a preferenza d' ogni altra piazza, a cagione della bellezza delle sue opere.

Ho aggiunto alla fine di questa stima due tavole che serviranno a sviluppare la fortificazione di Neuf-Brisach. Le torri bastionate che sono rappresentate su la seconda non sono conformi affatto a quelle state eseguite, perchè le ho tolte da un nuovo progetto che il maresciallo di Vauban ha fatto alcuni anni prima della sua morte per rettificare quello di Neuf-Brisach; ma siccome la differenza è pochissima cosa, ho creduto che invece di trovar a ridire, mi si sarebbe avuto buon grado d' aver riportato queste a preferenza delle altre che son conosciute da tutti.

MODELLO

DI UNA PERIZIA PER UNA PIAZZA NUOVA

COME QUELLA DI NEUF-BRISACH.

I.° *Perizia delle opere di muratura, terra, piotte, carpenteria, coperture lavori di legnami minuti ec. che il re ha ordinate per la piazza di...*

SITUAZIONE DELLA PIAZZA.

Figura e Situazione della Piazza.

La piazza sarà situata nella pianura di . . . . . o sul fiume . . . . . disegnata secondo le misure della sua pianta in ottagono regolare, formando otto poligoni eguali, su ciascun angolo dei quali sarà costruita una torre bastionata secondo le dimensioni specificate qui presso.

Esterno della Piazza.

I corpi esterni della piazza consisteranno in otto bastioni staccati, o contragguardie, otto tanaglie dinanzi alle cortine, otto ridotti, otto mezzelune innanzi a questi ridotti, ed un opera a corna davanti la fronte . . . il tutto inviluppato d'una strada coperta.

Pianterreno.

Disegnata la piazza, si farà la livellazione tutt' all' intorno, e sulle diverse sue elevazioni si prenderà una media per stabilire il pian terreno; il che si farà abbassando le parti più elevate, ed alzando quelle che si troveranno troppo basse. Questo stesso livello regolerà quelli dell' interno e dell' esterno della piazza.

Distribuzione delle contrade e pendii per lo scolo delle acque.

Si farà nello stesso tempo la distribuzione delle contrade che devono separare le piazze da costruire, e se ne segnerà la destinazione con grandi pali, ai quali saranno attaccati dei cartelli di latta che serviranno d'indizj; e per avere i pendii necessarii allo scolo delle acque, si rialzerà il centro della piazza di 4 piedi e si porranno dei pali fissi che regoleranno l'allineamento delle contrade e indicheranno l'alzamento e l'abbassamento che si dovrà fare ad ogni parte.

II.° *Dimensioni delle parti principali della Piazza. — Corpi della Piazza.*

POLIGONO E CORTINA.

Poligono.

Ogni poligono avrà 180 tese di lunghezza da un angolo all' altro.

Cortine.

Le cortine avranno 124 tese, 4 piedi e 3/4 ciascuna fra le torri, saranno tagliate in due luoghi con fianchi di 4 tese, 4 piedi formati dal prolungamento di quelli delle contraggnardie.

Rivestimenti delle Cortine.

Il loro rivestimento avrà 10 piedi, 2 pollici di grossezza al di sopra dei fondamenti, compresa la fronte di tre strati di pietre di taglio, e sarà innalzato di 30 piedi dal di sopra dei fondamenti sino all'altezza del di sopra del cordone, ove la grossezza sarà ridotta a 5.

Riseghe e Fondamenti.

Al livello del fondo del fosso sarà fatta una risega di tre pollici di sporto all'esterno del nudo di questo rivestimento, e un po' al di sotto un'altra simile risega, sicchè i fondamenti avranno 10 piedi e 8 pollici di grossezza al basso sopra 3 piedi di profondità. Si manterranno le stesse riseghe e imbasamenti, tanto delle torri bastionate che delle contragguardie, tanaglie, mezze lune, ridotti ed altri luoghi, come sarà detto in seguito.

Contrafforti.

I contrafforti saranno costruiti bassi quanto il rivestimento, ed egualmente alti; si porranno a 15 piedi di distanza gli uni dagli altri da mezzo a mezzo, e avranno 8 piedi di lunghezza, 5 di larghezza alla radice, e 3 alla coda.

Bastioni.

Per supplire al calo delle terre, i bastioni saranno innalzati 3 piedi più alti dei rivestimenti, e la superficie del loro terrapieno sarà stabilita sopra 30 piedi di larghezza in pendio d'un piede e mezzo, dalla banchetta sino alla scarpa interna degli stessi bastioni, che avrà due terzi della sua altezza; questi bastioni saranno ornati da due file d'alberi che formeranno un viale sul terrapieno, e da una terza che sarà piantata al piede della scarpa del bastione.

Banchine.

La banchina sarà larga 4 piedi e mezzo sopra un piede e mezzo di altezza, con una scarpa di 3 piedi.

I parapetti avranno 18 piedi di grossezza alla sommità, e saranno alti al dinanzi 4 piedi al di sopra del cordone, e 4 piedi e mezzo al di sopra della banchina, formando un pendio di 2 piedi e mezzo dal di dietro in avanti. La scarpa *piottata* sarà d'un quarto della sua altezza.

TORRI BASTIONATE.

Ogni torre sarà composta di due facce, due fianchi ed una gola di muratura; ogni faccia avrà 2 tese, 5 piedi, 8 pollici di lunghezza misurati al cordone, ogni fianco 6 tese, ogni mezza gola 7, e la capitale 9 tese 2 piedi e 6 pollici.

Rivestimenti e parapetto.

Il suo rivestimento sarà alto 28 piedi dal disopra dei fondamenti, ove avrà 13 piedi, 1 pollice di grossezza, sino al cordone, dove la grossezza si ridurrà a 8 piedi, e sarà sormontato da un parapetto di muratura in mattoni pure di 8 piedi di grossezza e di 6 di altezza, nel quale saranno praticati, come pure al piano inferiore, tutte le cannoniere, garette e sfiatatoi indicati nella pianta e nei profili.

Banchine.

Si alzeranno lungo le faccie due banchine di muratura, formando insieme 3 piedi di larghezza sopra 3 di altezza.

Gole.

Il muro delle gole non avrà che 6 piedi di grossezza al di sopra dei fondamenti, e sarà eretto verticalmente sino all'altezza della sommità del parapetto delle torri.

Ossatura e Volte.

Al centro di ogni torre sarà fatta un'ossatura di murazione bassa quanto il rivestimento, per ricevere e sostenere le volte che regneranno lungo i fianchi e le gole; queste volte avranno 18 piedi di lunghezza di vuoto, e saranno costruite a tutto sesto. In mezzo dell'ossatura sarà praticato un magazzino per la polvere vôltato a pieno centro di 15 piedi di larghezza in opera, e di 20 piedi di lunghezza.

Porte segrete.

Sarà fatta ai due lati di ciascuna torre una segreta voltata per comunicare alle contragguardie, dove i viali metteranno nella fossa a lato ai fianchi, e avranno 6 piedi di lunghezza ognuno sino alla congiunzione del grosso muro della cortina, ove il passaggio della porta sarà turato con muratura per non essere aperto che al bisogno e ridotto a quattro piedi e mezzo. Il muro che sosterrà le terre dal lato del bastione, avrà 5 piedi di grossezza al disopra dei fondamenti, ove sarà fatta una risega di 3 pollici da ciascun lato, e 5 piedi e mezzo di altezza sino alla origine delle volte.

Passaggio ed ingresso delle torri.

Il passaggio dell' ingresso inferiore delle torri, sarà pure vôltato sopra 12 piedi di larghezza al luogo del bastione, e formato da due muri ognuno di 5 piedi e mezzo di grossezza al disopra dei loro fondamenti, con 3 pollici di risega da ciascun lato, e di 4 piedi di altezza al disopra del pian terreno dell' interno delle torri. Questi muri saranno sostenuti dalla parte delle terre con contrafforti di 6 piedi di lunghezza, 4 e mezzo di larghezza alla radice e 3 alla coda.

Porta dell' ingresso delle torri e scala.

All' ingresso di questi passaggi e lungo il giro del bastione, sarà fatto una porta di pietra di taglio colle sue chiusure di 8 piedi di lunghezza e 9 e mezzo di altezza sotto la chiave, i cui piedritti saranno prolungati all' infuori sino al piede della scarpa del bastione, formando due ale in rampa secondo la stessa scarpa, che avranno 3 piedi di grossezza ognuno alle estremità con dei fori da una parte e dall' altra; e ad ogni lato di questo ingresso sarà fatto una scala di pietra di taglio, i cui gradini avranno 4 piedi e mezzo di lunghezza sopra 6 pollici di altezza, contragguardati da un piccolo muro d' appoggio di 2 piedi di grossezza.

GRANDI PORTE E CORPI DI GUARDIA DEGLI INGRESSI PRINCIPALI.

Porte d'Architettura.

Sul punto di mezzo delle quattro cortine che corrisponderanno alle entrate principali della piazza, saranno fatte quattro grandi porte d' architettura. L'altezza del frontispizio di ciascuna porta sarà di 8 tese dal di sopra dei fondamenti sino al di sopra della cornice del cornicione, e la sua larghezza di 8 tese 3 piedi al di sopra del basamento, sopra 11 piedi di grossezza al basso e 7 all' alto, non compreso l' aggetto dei pilastri. Il frontone avrà 12 piedi di altezza nel suo mezzo. Ogni porta avrà 9 piedi, 9 pollici di larghezza fra i piedritti, 13 piedi di altezza tra la soglia e la chiave, e sarà decorata conformemente al disegno.

Passaggio.

Il passaggio degli ingressi avrà 12 piedi di larghezza in opera tra i pilastrini. Sarà vôltato al di sopra dell' imposta, e formato da muri di 5 piedi d' altezza fino alla detta imposta, e 5 1/2 di grossezza al di sopra del loro fondamento. Queste mura saranno sostenute da una parte e dall'altra da due contrafforti, ognuno di 6 piedi di lunghezza, 5 di larghezza alla radice e 3 alla coda. Questo passaggio sarà munito di tutte le sue chiusure, ponti levatoj, organi e bilichi conformemente al disegno.

Vestibolo.

Lo stesso passaggio sarà preceduto da un peristilio o vestibolo di 38 p. di larghezza in un senso e 21 e mezzo in un altro, voltato alla stessa altezza del passaggio della porta, e sostenuto da pilastrini e pilastri di pietra di taglio di 3 piedi sopra 3 piedi e mezzo di grossezza, simmetrizzando colla decorazione dei piedritti del passaggio.

La parte di questo peristilio che guarda l'interno della piazza sarà rivestita di pietra di taglio allo esterno, ed allo interno, su tutta la sua altezza, avrà 5 piedi di grossezza al di sopra dei fondamenti; poi farà risega dai due pollici ai due piedi al disopra dei fondamenti, e sarà alta 16 piedi dal di sopra di questa risega sino al di sopra del plinto, formando tre archi, di cui quello di mezzo avrà 10 piedi di apertura e i due altri 8 piedi soltanto: tutti e tre di 14 piedi di altezza.

Corpi di guardia.

A dritta ed a sinistra dello stesso peristilio saran fatti due corpi di guardia ed una prigione, i cui muri di facciata e di giro avranno 4 piedi e mezzo di grossezza al di sopra di tutte le riseghe; questi locali saranno illuminati da quattro finestre di 4 piedi di larghezza ed 8 di altezza, disposte e simmetricamente decorate, due da ogni parte del vestibolo, e avranno 10 tese ed un piede di lunghezza di facciata dal lato della piazza.

Quartiere superiore.

Il quartiere superiore sarà in tutto conforme alla distribuzione rappresentata nel disegno, e la sua facciata avrà nove finestre, sarà di 2 piedi di grossezza in adeguato, di 17 piedi di altezza dal plinto sino al disopra del cornicione; il tutto decorato a norma degli alzati dello stesso disegno e sormontato da un frontone, da quattro abbaini e di un tetto di 16 piedi d'altezza.

Camera degli organi.

La camera degli organi, la gabbia del bilico e le scale a dritta ed a sinistra delle porte per salire sul bastione saranno pur costruite a seconda delle piante e dei particolari profili. Queste scale saranno di pietra di taglio, avranno 4 piedi e mezzo di larghezza in opera, e un grosso muro d'appoggio formante una rampa di 2 piedi e mezzo di grossezza.

PORTA SEGRETA D' USCITA.

Nel mezzo d'ogni cortina ove non vi si trovi una porta grande, sarà praticata una porta segreta per comunicare alle tanaglie; vi si discenderà per una scala di pietra di taglio, voltata sopra sei piedi di lunghezza e sormontata a piombo dalla scala superiore del bastione, d'un muro di mattoni d'un piede e mezzo di grossezza, e 4 di altezza al di sopra del terrapieno.

Passaggio.

Il suo passaggio sarà di 5 piedi al di sotto del suolo della piazza e sarà largo 12 piedi. Le sue porte, come pure le segrete delle torri bastionate, saranno larghe 4 piedi e mezzo, e saranno munite dei loro battenti d' una forza conveniente, osservando di difenderle tutte di seguito dal lato del fosso con una buona muratura di 4 piedi a 4 piedi e mezzo di grossezza e praticare un piccolo foro in questo alzato.

I piedritti di questo passaggio avranno 6 piedi di altezza e 5 di grossezza al disopra dei loro fondamenti, facendo risega di 3 pollici da ogni lato, e saranno sostenuti da contrafforti di 3 piedi di larghezza alla radice, 2 alla coda e 4 e mezzo di lunghezza.

Acquidotto.

E per agevolare lo scolo delle acque piovane, sarà costrutto al di sotto di queste porte un piccolo acquidotto voltato, di 2 piedi di larghezza sopra 3 di altezza, i cui piedritti avranno ciascuno 2 piedi e mezzo di grossezza. Se ne farà un simile a ciascun lato delle quattro grandi porte.

SOTTERRANEI.

Si saranno praticati dei sotterranei sotto le aperture di ogni cortina che faranno l'ufficio di fianco basso, ad eccezione di due soltanto, che saranno condotti in dolce pendio, e avranno un canale dall'interno della piazza sino al fondo del fosso, per abbeverare i cavalli in tempo d'assedio. Questi sotterranei saranno convenientemente pavimentati, e chiusi da sicure porte ad ogni estremità, poi solidamente murati, per non essere aperti che in caso di pressante bisogno: avranno 18 piedi di larghezza in opera, i loro piedritti 7 e mezzo sino alla origine delle volte, e 4 piedi e mezzo di grossezza, i loro contrafforti 6 piedi di lunghezza, 4 di larghezza alla radice e 3 alla coda.

Scala.

Per discendere nei primi sotterranei si praticherà internamente al loro ingresso una scala di pietra di taglio di 7 piedi di larghezza, fondata sopra un buon massiccio con muri d' appoggio d' un piede e mezzo di grossezza. I piedritti di questo ingresso saranno prolungati all' esterno sino ad un piede di scarpa del bastione, e strombati di 6 piedi da ciascun lato. Avranno 5 piedi di grossezza al di sotto dei fondamenti, e saranno ridotti a 3 alla loro sommità. Si noterà di praticare in uno dei piedritti di questi sotterranei, e contiguamente all' ingresso, un piccolo magazzino di polvere di 8 piedi sopra 12 di larghezza in opera, e innalzare sopra questo ingresso un piccolo muro d' un piede e mezzo di grossezza, che sormonta di 3 a 4 piedi il terrapieno del bastione. Si osserverà in pari tempo che vi siano gli sfiatatoi, i fori ed i cammini accennati nella pianta.

BASTIONI STACCATI O CONTRAGGUARDIE.

Facce dei fianchi delle contragguardie.

(Eseguite a Brisach).

Le facce delle contragguardie avranno ognuna 60 tese di lunghezza e i fianchi 22. Queste facce e questi fianchi saranno innalzati a mezzo rivestimento dal di sopra dei loro fondamenti, e avranno 18 piedi di altezza all' angolo del fianco e della gola, 18 piedi a quello della spalla e 20 all' angolo fiancheggiato, col pendio d' uno sopra sei. Questo rivestimento avrà 7 piedi, 8 pollici di grossezza al di sopra dei fondamenti e a 3 piedi vicino alla sommità dello stesso rivestimento, la muratura sarà agguagliata e ridotta per la sua scarpa a 5 piedi di grossezza. I tre altri piedi d'altezza saranno continuati secondo la scarpa del paramento esterno sopra 3 piedi di grossezza al basso, e 2 piedi e mezzo alla sommità.

Soprattutto si avrà cura di innalzare sopra ciascun angolo fiancheggiato un piccolo muro in forma di cappello di 42 piedi di lunghezza, e 4 e mezzo di larghezza, la di cui sommità si unirà a quella delle facce con una scarpa di 12 piedi.

Gole.

Il rivestimento delle gole avrà 2 piedi e mezzo di grossezza alla sommità, e 16 di altezza cominciando al di sopra dei fondamenti; avrà pure il pendio d'uno sopra sei, e seguirà il profilo dei parapetti, delle banchine e dei bastioni.

Contrafforti.

I contrafforti dei fianchi e delle facce avranno le stesse dimensioni delle cortine e saranno ad eguale distanza collocati. Si alzeranno sino a tre piedi vicino alla sommità dei rivestimenti. Quelli delle gole avranno 4 piedi di lunghezza e 3 di grossezza alla radice, e 2 alla coda, e saranno d'un piede più basso della sommità delle gole.

Viottolo (Berme) *e parapetto.*

Al livello della muratura che terminerà il rivestimento dei fianchi e delle facce, sarà fatto un viottolo di 10 piedi di larghezza sulla quale si pianterà una siepe viva, dopo che si continuerà l' elevazione dei bastioni e dei parapetti in paramento di strati erbosi o di tarsie aggettando di due terzi dell' altezza. L' interno di questi parapetti, come pur le banchine, saranno in tutto simili a quanto si è detto per queste Opere di fortificazione e il loro esterno sormonterà di 4 piedi il livello del terrapieno del bastione.

Bastioni.

Questi bastioni avranno 30 piedi di larghezza dall'orlo della loro scarpa interna sino al piede della banchina, nel qual luogo saranno alti 10 piedi al di sopra del viottolo delle opere, con un pendio d'un piede e mezzo

dal lato della piazza, osservando di alzarle d'un piede più all'angolo della spalla che a quello del fianco e della gola, e di 3 piedi all'angolo fiancheggiato più che a quello della spalla. In questa altezza di 10 piedi sono compresi i tre piedi che si assegneranno per supplire al calo delle terre, e questi 10 piedi uniti ai 4 del parapetto, daranno in tutto 14 piedi d'altezza di piotte o tarsie. Si noterà che le rampe necessarie alla montata del cannone avranno 11 tese di lunghezza sopra 9 piedi di larghezza.

Comunicazione.

Si farà un sotterraneo, sotto il bastione d'ogni fianco, per comunicare alle tanaglie; il suo passaggio sarà condotto in pendio dallo interno delle contragguardie sino al livello della rampa, che sarà preso in queste stesse tanaglie, 8 piedi al di sopra dei fondamenti; avrà 6 piedi di larghezza, e i suoi piedritti 3 piedi di grossezza e 5 di altezza sino alla origine delle vôlte. L'ingresso di questi sotterranei sarà formato da un muro innalzato a perpendicolo della scarpa superior del bastione con un profilo di 18 piedi di lunghezza. Questi due muri saranno eretti perpendicolarmente, e avranno ognuno 3 piedi di grossezza.

TANAGLIE.

Ogni tanaglia sarà composta di due faece, che avranno 28 tese di lunghezza ciascuna, e sarà rivestita davanti e di dietro. Sarà tagliata nel suo angolo rientrante con un passaggio preso sotto il suo parapetto e vôltato di 6 piedi di larghezza che servirà di comunieazione alle mezzelune per via delle fosse.

Rivestimento.

(Eseguito a Brisach).

Il rivestimento delle facce avrà 5 piedi, 8 pollici di grossezza al di sopra dei fondamenti, e sarà alto 9 piedi, con una scarpa d'uno sopra 6 per davanti, alla quale altezza sarà ridotto a 4 piedi di grossezza poi sarà continuato secondo la medesima scarpa sino a 3 piedi più alto sopra 3 di grossezza soltanto, ridotta a 2 e mezzo alla sommità, osservando che questa sommità non sia più alta della superficie d'una strada coperta.

Viottoli e Parapetto.

(Eseguito a Brisach).

A questa altezza sarà fatto un viottolo simile a quello delle contragguardie, ma di un piede e 6 pollici di larghezza soltanto, e senza siepe viva sul quale si alzerà il parapetto della tanaglia in piotte o tarsie, e questo parapetto avrà 8 piedi di altezza all'esterno, e 7 e mezzo all'interno, con una banchina alta 2 piedi, dal piede della quale il terrapieno della tanaglia andrà a raggiugnere la sommità della gola.

Gole.

Le gole non avranno che 4 piedi e 10 pollici di grossezza al basso, e 2 piedi e mezzo all'alto; saranno innalzate di 14 piedi al di sopra dei fondamenti.

Contrafforti.

I contrafforti delle facce saranno lunghi 5 piedi, larghi 4 alla radice e 3 alla coda, ed alti solo 9 piedi; quelli delle gole avranno 4 piedi di lunghezza, 3 di larghezza alla radice, 2 alla coda, e saranno 2 piedi più bassi della sommità delle gole; saranno tutti all'intervallo di 15 piedi di distanza gli uni dagli altri da mezzo a mezzo.

Rampa.

Per accedere al ponte che forma il passaggio dalle contragguardie alla tanaglia, bisognerà praticare alla estremità di questo ponte una rampa di 6 a 7 piedi di larghezza, i cui lati saranno rivestiti, e formare due altre rampe congiugnendo l'angolo delle gole di 12 a 15 piedi di larghezza, sopra 3 tese e 5 piedi di lunghezza, per discender nel fosso.

MEZZELUNE.

Le facce delle mezzelune avranno 48 tese di lunghezza ciascuna e i fianchi 7.

Rivestimento delle mezzelune, gole e contrafforti.

Il loro rivestimento sarà di 7 piedi, e 4 pollici di grossezza al di sopra dei fondamenti, di 5 all'altezza di 13 piedi, e di 2 piedi e 6 pollici alla sommità, formando in tutto 16 piedi d'altezza colla scarpa di 1 sopra 6. Le gole avranno 15 piedi d'altezza, e tutti i contrafforti di queste opere saranno interamente conformi a quanto è stato detto per quelli delle contragguardie.

Viottoli.

Si costruirà, al livello della sommità del rivestimento di queste facce e fianchi, un viottolo di 10 piedi di larghezza, munito di una siepe viva, su la quale saranno innalzati i bastioni e i parapetti con paramento esterno di piottatura colla scarpa d'un terzo, o di tarsie soltanto colla scarpa dei due terzi, sopra 15 piedi di altezza al luogo degli angoli fiancheggiati, e 14 piedi agli angoli di spalla, compresivi tre piedi dati pel calo delle terre.

Parapetti e banchine.

I parapetti e le banchine avranno inoltre le stesse dimensioni che alle contragguardie.

Bastione.

Il terrapieno del bastione avrà piedi 20 di larghezza dal piede della banchina sino all'orlo della scarpa interna, e sarà alzato in pendio d'un piede

42

e mezzo dall'avanti all'indietro; vi si praticheranno tutte le rampe e le scale figurate nella pianta.

Porte d'architettura.

A ognuna delle quattro mezzelune che copriranno le cortine degli ingressi principali della piazza, sarà fatta una porta d'architettura di 9 p., 9 pol. di larghezza e 13 di altezza sotto la chiave, cogli ornamenti conformi ai disegni che sono stati adottati.

Passaggio degli ingressi.

Sarà fatto poi il rivestimento del passaggio delle entrate di queste mezzelune su tutta la larghezza del loro bastione e parapetto, e i muri di questo rivestimento saranno innalzati verticalmente dai due lati, sino all'altezza delle parti che essi profileranno sopra 4 piedi e mezzo di grossezza al di sopra dei fondamenti, colla risega di 3 pollici da ogni lato. I contrafforti saranno lunghi 5 piedi, larghi 4 alla radice e 3 alla coda, e saranno spaziati come quelli di cui già abbiamo parlato. I passaggi saranno muniti dei loro ponti levatoj, bilichi e tubi di discesa, secondo le misure delle loro piante e dei loro particolari profili.

RIDOTTI NELLE MEZZELUNE.

(Eseguito a Brisach).

Le facce dei ridotti avranno 18 tese di lunghezza, i fianchi 3 tese, e i giri delle mezzegole 6; il tutto ben rivestito. Il rivestimento delle facce e fianchi avrà 23 piedi di altezza dal di sopra dei fondamenti sino al di sopra del cordone, ove la grossezza sarà ridotta a 5 piedi, con una scarpa al di fuori di 1 sopra 6, sicchè avrà 9 piedi di grossezza al di sopra dei detti fondamenti, compresi i 2 pollici d'aggetto del basamento.

Contrafforti.

I contrafforti dietro questo rivestimento saranno tanto alti quanto la parte superiore del cordone, e avranno 7 piedi di lunghezza ognuno, 4 piedi di larghezza alla radice, e 3 alla coda.

Parapetto.

Al di sopra del cordone sarà innalzato il rivestimento del parapetto in muratura di mattoni sopra 4 piedi di altezza e 3 di grossezza, e il rivestimento avrà un riporto di 12 piedi di terra, che formeranno un parapetto di 15 piedi di grossezza alla sommità con scarpa di 2 piedi e mezzo dal di dentro all'infuori.

Banchine, bastioni e gole.

Le banchine di queste opere saranno simili a quelle delle mezzelune; i bastioni avranno 15 piedi di larghezza con un peudio d'un piede e mezzo

dal lato della piazza, e 10 piedi di scarpa interna; le gole saranno rivestite come quelle delle mezzelune, e avranno le stesse dimensioni.

Comunicazione.

Quattro di questi ridotti saranno attraversati da un passaggio di 6 piedi di larghezza per servir di accesso alle mezzelune. Il rivestimento di questo passaggio sarà innalzato verticalmente, ed avrà 4 piedi e mezzo di grossezza al di sopra de' suoi fondamenti, sopra altrettanto di altezza, ove la muratura sarà agguagliata per cominciare le volte che saranno costruite a tutto sesto. Gli ingressi e le sortite del passaggio avranno 4 piedi e mezzo di larghezza fra i piedritti, ognuno con doppie scanalature come tutte le altre porte segrete, per posarvi delle porte di 4 pollici di grossezza. Si praticheranno in questi ridotti, come pure alle mezzelune, le rampe e le scale necessarie per stabilire gli accessi, e di più vi si praticherà una discesa al fosso di 6 piedi di larghezza, sopra 20 di lunghezza, congiungente il muro della gola, che sarà attraversato da un passaggio di 3 piedi di larghezza per comunicare ai fossi; il muro che sosterrà i gradini dal lato delle terre, avrà 3 piedi di grossezza, e la parte superiore di questa discesa sarà coperta da una botola munita di ferramenta e serrature per impedire in caso di bisogno l'accesso. Si formeranno pure quattro passaggi per i traini, simili a quelli delle mezzelune, ai quattro ridotti che si troveranno sugli ingressi principali, e su ciascuno dei detti passaggi sarà eretta una porta di architettura conforme al suo disegno particolare, come pure un piccolo corpo di guardia.

OPERA A CORNA.

I rami dell' opera a corna avranno 120 tese di lunghezza ciascuna, il poligono 150, le facce 40, i fianchi 15 e la cortina 69.

Tutti i rivestimenti di quest'opera, come pure i bastioni, le banchine e i parapetti saranno conformi in tutto a quelli delle mezzelune, con questa sola differenza che la testa dei rami sarà più alta di 4 piedi delle loro estremità, l'altezza della quale non sorpasserà quella della strada coperta; notando ancora di non terrapianare i rivestimenti, che sino a 18 tese, prese da questa strada coperta, e di diminuire la larghezza del bastione dal canale dell' ospitale, sino a questa distanza, in modo che il tutto si riduca nel corso di 18 tese qui sopra segnate alle banchine pure e semplici.

Barbette.

Si faranno per soprappiù delle batterie a barbette su le punte dei bastioni e delle mezze lune dell'opera a corna, con una risvolta di 7 ad 8 tese da una parte all' altra degli angoli fiancheggiati.

Rivestimento del passaggio dal canale.

Dicontro al bastione sarà fatto il rivestimento in paramento di pietra di taglio del canale che attraversa due lunghi lati, e questo sopra 7 piedi

e mezzo di grossezza, non compresi 6 pollici per le riseghe dei fondamenti. Si faranno pure degli archi di pietra di taglio agli ingressi ed alle uscite del detto canale, e vi si praticheranno le necessarie scanalature per le loro chiusure. Il resto dell'accesso che sarà compreso tra gli archi e le scarpe delle banchine, sarà voltato di mattoni sopra 3 piedi di grossezza, e coperto con cappa di cemento, come si è detto nel Libro Terzo.

FOSSI.

Larghezza dei fossi.

I fossi allo ingiro della piazza avranno le seguenti larghezze, misurate a piombo del cordone, o della lunghezza principale delle opere e della sommità della controscarpa. Cioè agli angoli fiancheggiati delle torri bastionate, 7 tese; dicontro al mezzo delle cortine, 16 tese, 3 piedi; tra le contragguardie e le tanaglie, 5 tese; dicontro alla metà delle facce delle contragguardie 15 a 16, secondo il bisogno che si avrà di terra; dicontro alle facce dei ridotti, 6 tese; dicontro a quelle delle mezzelune, 10; dicontro i rami e mezzi bastioni dell'opera a corna, 10; dicontro la mezzaluna di quest'opera a corna, 7.

Profondità e rivestimento dei fossi.

Tutti questi fossi in generale saranno approfonditi di 14 a 15 piedi al di sotto del pianterreno della piazza, e rivestiti di un muro di eguale altezza colla scarpa del suo sesto all'esterno, e ridotti alla grossezza di 3 piedi alla sommità.

Contrafforti.

Si faranno nello stesso tempo dei contrafforti dietro il muro, 15 piedi distanti gli uni dagli altri da mezzo a mezzo, la lunghezza dei quali sarà di 4 piedi, la larghezza 4 e 1/2 alla radice e di 3 alla coda, e l'altezza d'un piede più basso della sommità del rivestimento.

Facendo la distribuzione di questi contrafforti, si avrà cura di situarne due al luogo di tutte le traverse del cammino coperto, perchè i profili delle traverse che saranno pure rivestiti, sieno meglio sostenuti e più solidamente stabiliti. Questi contrafforti devono avere un piede di larghezza e 6 pollici di grossezza per ogni senso più dei precedenti.

Quanto allo scavamento dei grandi fossi della piazza, bisogna aver cura di dar quasi 20 piedi di profondità di contro agli angoli fiancheggianti delle contragguardie, e riascendere insensibilmente verso la metà delle tanaglie e delle cortine. Si approfondirà ancora il piccolo fosso che sarà tra l'ultima delle tanaglie e i minori fianchi delle cortine, di 3 oppure 4 piedi più di quello della piazza, perchè vi si possa aver l'acqua in tutti i tempi. Simil cura si avrà lungo i fianchi delle contragguardie, e il rivestimento di queste parti, che sarà stabilito più basso delle altre in proporzione.

STRADA COPERTA.

Tutte le strade coperte saranno disegnate parallelamente ai fossi della piazza sopra 5 tese di larghezza, dal piede della banchina sino all'orlo degli

stessi fossi, e saranno erette in pendio d'un piede e mezzo del fianco delle opere: vi si vedranno tutte le risvolte e traverse che son segnate sulla pianta.

Piazze d' armi.

Le piazze d'armi avranno 10 tese e mezza di gola e 13 di facciata.

Traverse.

Le traverse avranno 18 piedi di grossezza misurate alla sommità; le banchine 5 piedi di larghezza, un piede e mezzo di altezza, e 3 piedi di scarpa.

Parapetto.

Il parapetto avrà 4 piedi e mezzo di altezza sopra la banchina, e sarà rivestito di 2 piedi e mezzo di grossezza colla scarpa d'un sesto per davanti sino ad un piede e mezzo vicino alla sommità, che sarà poi terminato in piotte, e munito come pure le traverse d'un filare di palizzate piantate e conformate, come si è detto a suo luogo.

Passaggio di uscita.

Il parapetto sarà tagliato in parecchi luoghi lungo i rami della strada coperta, e nelle facce delle piazze d'armi, da passaggi di uscita di 10 a 12 piedi d'apertura, la cui rampa si prenderà nello spalto e si estenderà a 2 oppure 3 tese. Questi passaggi, come pure quelli che metton capo alle entrate principali delle piazze, saranno rivestiti di muratura e chiusi da serramenti di forza sufficiente a due battenti; si poseranno pure serramenti a un sol battente al passaggio d'ogni traversa.

Spalto.

Lo spalto sarà ben ritto e perfettamente sopposto alla scoperta delle contragguardie e mezzelune, dalle quali sarà difeso; avrà la estensione di 25 a 30 tese almeno, e il suo pendio sarà secondo la sommità del parapetto della strada coperta, affondato ad un piede al di sotto della sommità dei parapetti, delle mezzelune e delle contragguardie.

PONTI.

Ponti fissi.

Si faranno dei ponti di legname di 15 piedi nel corpo dell'edificio, sui traversi tanto del gran fosso quanto dei ridotti, mezzelune e tanaglie dei quattro ingressi principali della piazza, i cui cavalletti saranno spaziati dodici piedi gli uni degli altri, da mezzo a mezzo, e posti sopra una pila di muratura di pietra di taglio d'un piede e mezzo di larghezza e d'un piede d'altezza al di sopra del fondo del fosso.

Si stabiliranno pure i piccoli ponti di accesso delle torri bastionate alle contragguardie e delle contragguardie alle tanaglie, che avranno 5

piedi di larghezza in opera, e saranno costruiti con le medesime precauzioni dei precedenti.

Tutti i ponti levatoj degli ingressi principali unendo le cortine alle mezzelune saranno a bilichi, e gli altri a leva: si porranno grandi serramenti a doppi battenti, tanto alle tanaglie quanto alla testa dei ponti fissi ed all' ingresso della strada coperta: sicchè si avranno quattro ponti levatoj ad ogni ingresso principale, cioè uno alla gran porta del corpo della piazza, un altro alla tanaglia, uno al ridutto ed uno alla mezzaluna; e tre porte, cioè una alla testa del gran ponte, una alla testa di quello della mezzaluna, e la terza al cammino coperto; il tutto costrutto ed eseguito secondo i disegni che sono stati adottati. Si faranno pure i piccoli ponti levatoj necessarii ai ponti di comunicazione dalle contragguardie alle tanaglie.

POZZI E PAVIMENTO DELLA PIAZZA.

Si faranno quattro pozzi su la gran piazza di 5 piedi di diametro ciascuno, e su tutta l' estensione della piazza si farà un pavimento di ciottoli con tutti i canali e cisternette necessarie.

EDIFIZJ PRINCIPALI.

Sarà costruito nel recinto di queste opere, cioè al piede del bastione di ciascuna fronte, un corpo di caserme con un padiglione per gli officiali. ad ognuna delle sue estremità, una chiesa, una casa di campagna, un arsenale ed una munizione, magazzini e dei cantieri, tanto per i viveri che per l' artiglieria, un appartamento pel governatore, uno pel luogotenente del re e pel maggiore, uno per gli aiutanti maggiori e capitani delle porte, uno per l'intendente e il commissario, ed uno per gli Ingegneri. Tutti questi edifizj, come pure i corpi di guardia e le latrine saranno costruite secondo i loro disegni e particolari perizie. Quanto all'ospitale, bisogna sia posto nell' interno dell' opera a corna.

III.° *Qualità e fogge dei materiali che saranno adoperati nelle suddette opere.*

CALCE, SABBIA, CALCINA E CEMENTO.

Calce.

La calce adoperata nella costruzione della muratura sarà presa a .... ed altri luoghi, ove se ne troverà della stessa qualità. Si osserverà prima che sia ben cotta, e non sventi, 2.° che sia smorzata un giorno o due almeno prima di adoperarla; e s'avrà cura di purgarla da tutte le materie eterogenee che vi ci si potrebbero trovare.

Sabbia.

La sabbia sarà di due specie, l'una grossa e l' altra fina, tutt' a due cavate dal fiume ... dal fosso della piazza o de' suoi dintorni: la grossa sarà adoperata a fare la calcina per la muratura di pietrame, e la fina a far quella per la muratura di mattoni, dei paramenti e delle pietre di taglio: si

avrà cura che sia secca, che scricchioli tra le mani, sia ben lavata, non grassa nè terrosa.

Calcina.

La calcina sarà composta di un terzo di calce misurata viva, e di due terzi di sabbia mista, mischiata ed incorporata colla calce tanto e sì lungo tempo, che gli spazj sieno totalmente confusi l'uno nell'altro, sino a non più conoscerne la differenza. Si adopererà soltanto l'acqua necessaria alla loro unione, ed una sola volta e non più.

Se non si adopera la calce che dopo essere stata smorzata, come si usa in più luoghi, bisogna aumentarne la dose a proporzione della sua qualità, il che qualche volta si fa sino alla metà.

Cemento.

Il cemento sarà fatto di frammenti di vecchie tegole ben cotte, ridotti in polvere colla macina, poi passati allo staccio. Sarà composto di due terzi di questa polvere, e di un terzo di calce misurata viva, il tutto ben battuto e stemperato insieme per lungo spazio di tempo e a più riprese, in un bacino di assi quadrato, espressamente formato, osservando di non mettere dell'acqua che una sola volta, e di adoperarla più che si potrà caldissima e battuta di fresco, come pure di non dare ad essa che le dosi richieste dalla forza della calce e dalla qualità del cemento.

PIETRA DI TAGLIO, PIETRAME E MATTONI.

Pietre di taglio.

Ogni pietra di taglio tanto negli angoli saglienti delle opere, quanto nei basamenti, cordoni ed altre parti ove se ne avrà bisogno, sarà tolto delle cave di... o altri luoghi che ne potranno somministrare di ugual qualità, cioè che sia piena, dura, e non soggetta al gelo.

Pietre di paramento.

Le pietre che formeranno questi paramenti saran frastagliate agli spigoli, lavorate a squadro e smagrite dalla calcina al pari dei loro letti e delle loro commissure: saranno poste in modo che la commissura delle due superiori corrisponda verticalmente al di mezzo dell'inferiore; e in buona legatura per filari di 9 a 10 pollici d'altezza almeno sopra 12 a 15 pollici di letto. Si avrà cura nell'adoperarle che sieno miste d'un terzo di pietre poste colla larghezza in fuori di 20 a 25 pollici di coda, e che abbiano almeno 6 pollici di commessura quadrata, il tutto ben legato col resto della muratura.

Pietre di basamenti.

Le pietre di basamenti poste al di sopra dei fondamenti, saranno tagliate opportunamente nelle loro facce, letti e commessure, e avranno

12, 15, a 18 pollici di letto, e 8 a 10 di commissura a squadra; saranno inoltre miste ad un terzo di pietre poste pel lungo con almeno 2 piedi di coda; il tutto ben collegato ed a bagno di malta.

Pietre d' angoli.

Tutti gli angoli salienti tanto del corpo della piazza che dei contrafforti, tanaglie, mezzelune, opere a corna e ridotti, saranno muniti di pietre di taglio di grès, tagliate in bozze d'un pollice e mezzo di rilievo, e poste per filari d'un piede d'altezza, avendo le commissure sopra 18 pollici di lunghezza, 2 piedi di letto e 3 di coda; il tutto misto d'un terzo di pietre sporgenti colla loro lunghezza all'infuori e posate alternativamente, in modo che da ciascun lato si trovino dei richiami d'un piede innalzati verticalmente.

Cordoni.

I cordoni saran pure in pietre di taglio di grès d'un piede di altezza, tagliate in semicircolo e sporgenti la metà del loro diametro, avendo le commissure sopra 16 a 18 pollici di lunghezza e 2 piedi di letto, non compreso l'aggetto, misto il tutto d'un terzo di pietre poste pel lungo con 3 piedi di coda.

Pietrame.

Tutti gli altri pietrami che si adopreranno per empire o guernire il corpo della muratura grezza, saranno tolte o dallo scavamento del fosso o dalle cave di . . . . avendo cura di scegliere i più grossi pezzi per formare i fondamenti e riservare i più piccoli pel rivestimento superiore, come altresì di agguagliare a livello tutta la muratura ad ogni alzata che si farà di 18 pollici e attraversarla, se si crede necessario per la maggior solidità, con catene di muratura su tutta la grossezza dei muri.

Ciottoli.

I ciottoli tolti dal fiume . . . della pianura di . . . e quelli che si troveranno negli scavi, potranno pure essere adoperati nella guernitura del corpo della muratura, posandoli per filari regolari, ma in caso di bisogno soltanto ed in mancanza di pietrame: bisognerà ancora che la quantità di questi ciottoli non ecceda il terzo del solido di muratura e che ogni alzata la quale abbia 18 pollici di altezza sia pure coperta d'una catena di muratura.

Conficcamento delle pietre.

Tutte queste pietre in generale saranno propriamente posate e commesse le une in bagno di cemento, le altre in bagno di malta e sabbia, secondo che le qualità delle opere lo esigerà. I pietrami di riempimento saran posti nel massiccio a bagno di malta con buone legature a coda

di quattro o cinque pollici almeno gli uni contro gli altri, e d' altrettanto gli uni sugli altri.

Mattoni.

Quanto ai rivestimenti che si faranno in paramento di mattoni, non si adopreranno che i nuovi e i meglio cotti, e della miglior qualità; i più belli fra i quali saranno scelti per formare il paramento, e posti per filari ben connessi su cinque ranghi di altezza, elevati in diminuzione d' un mezzo mattone a ciascun rango, cioè da tre mattoni e mezzo al primo rango, sino ad uno e mezzo al quinto; osservando di bene sfregare questi mattoni e disporli l'un contro l'altro prima di adoperarli, e che ve ne sia sempre una buona metà posta pel lungo ne' paramenti. Se si adoperano ciottoli nel corpo della muratura, in difetto di pietrame, si farà come è stato detto, a ciascuna alzata di diciotto pollici, una catena di due mattoni di altezza, che munirà tutta la superficie del rivestimento e dei contrafforti, e ne attraverserà tutta la grossezza. Il primo rango che si porrà poi in paramento al di sopra della detta catena, ricomincierà da tre mattoni e mezzo di grossezza, terminando sempre con un mezzo.

IMPIALLACCIATURA E PIOTATURA.

Tarsie.

L'impiallacciatura si farà di terra nera di giardino, non pietrosa; avrà 6 pollici di grossezza, ed una scarpa di otto pollici per piede.

Piote.

Le piote saranno tagliate in piano erboso e ricco di radici, o nei vecchi pascoli un po' umidi, non torbosi nè sabbiosi.

Si poserà di tre in tre letti uno strato di fascine, e ognuno di questi letti sarà ben munito di terra su tutta la sua altezza, ben battuto, per essere perfettamente legato colla terra del bastione.

LEGNO.

L'ossatura dei ponti fissi, ponti levatoi e barriera, come pure quella dei panconi dei fondamenti di tutte le principali parti degli edifizj, sarà di legno di quercia sano, tagliato in buona stagione, bene sqoadrato, senza alburno, non pichiettato, nè verminoso, nè roso, nè riscaldato, nè troppo fresco, ma di buon' età, dritto filo e bene squadrato.

IV. *Costruzione delle opere.*

CORTINE.

Scavamento dei fondamenti.

Fatti i livellamenti e rettificati dall'ingegnere che avrà la cura principale di queste opere, saranno mostrati agli intrapprenditori che faranno fare tutti gli

scavi dei rivestimenti nel recinto della piazza, sopra quindici o sedici piedi di profondità, al di sotto del livello delle strade coperte, e comprenderanno nello stesso tempo la metà della larghezza dei fossi, riserbando l'altra per essere ammassata dietro i rivestimenti di mano in mano che si innalzeranno. Dopo di che saranno approfonditi i fondamenti di tre piedi al di sotto del fosso, e più basso se occorre, per trovare il fondo solido, le cui terre, come pure quelle che verranno da altri scavi, saranno portate alla massa dei bastioni, ove saranno erette per un piede e mezzo di altezza su tutta l'estensione dei rettifili, e nell'ordine che sarà qui appresso spiegato.

Panconi nei fondamenti.

Per riparare al calo che la traspirazione delle acque di . . . può cagionare, si assoderà il fondo dei fondamenti con un rango di panconi di quercia di quattro a dodici pollici di grossezza, che sarà posto sul davanti e avrà l'aggetto d'un pollice all'esterno del nudo del muro. Che se qualche parte del fondamento fosse di terreno mal sodo, si continuerà a mettere una fila di panconi sul mezzo e sul di dietro dei rivestimenti.

Fondamenti.

Finalmente se il fondo sarà troppo debole si fortificherà con una grata di legno di quercia o abete rosso, di nove a dieci pollici di grossezza, commessi alla loro estremità con intaglio a coda di rondine, e tenuto in sesto con un rango di pali battuti sul davanti a rifiuto di maglio, la qual cosa ben disposta, ed eretti i fondamenti a piombo nell'esterno, e nell'interno e ben livellati per davanti con 6 pollici di pendio all'indietro, si riempirà di buona e solida muratura costrutta dei più grossi pietrami, che saran posti in bagno di malta, composta come si è detto, sicchè non resti alcun vuoto nel corpo della muratura, e calcando le pietre a mano o col martello, la calcina sbocchi da tutte le parti; il che deve essere osservato in tutta la muratura, come pure nelle riseghe sul davanti.

Basamenti.

Su la seconda di queste riseghe, e tre pollici vicino al suo orlo esterno, saranno posti in paramento, secondo la scarpa del rivestimento, tre filari in pietra di taglio della forma e qualità suddetta, che formeranno un basamento di tre piedi d'altezza, la cui sommità sarà tagliata in isbieco di due pollici, e al di sopra del quale sarà fatto un paramento netto di pietrame battuto, munito di grossa muratura che sarà innalzato fino al di sopra del cordone con scarpa d'uno sopra sei al davanti, ed a piombo per di dietro, notando di murare il paramento di questo basamento in bagno di malta, e connettere nello stesso modo tutto quanto sarà esposto all'urto dell'acqua.

Contrafforti.

Si stabiliranno nel medesimo tempo i contrafforti secondo l'ordine della loro distribuzione, e si stabiliranno profondi al pari del rivestimento per innalzarli poi all'altezza superiore dello stesso cordone verticale da due lati e con

atrombatnre eguali da nna parte e dall'altra dopo il loro mezzo, e per soprappiù costrutti e murati come il corpo dei rivestimenti, all'eccezione dei paramenti che saranno sottoposti soltanto al semplice rettifilo delle corde.

Cordone e rivestimento dei parapetti.

La sommità di questi rivestimenti sarà terminata da un cordone di pietra di taglio, foggiato come i precedenti e della stessa qualità, e sarà sormontato da nn muro di mattoni alto quattro piedi e grosso tre, murato in bagno di malta comune, che servirà di rivestimeuto ai parapetti: questo muro sarà terminato sn tutta la sua grossezza da un filare di mattoni intrecciato con quattro mattoni in coltello ed altrettanti a piatto, con un pendio di quattro pollici dal di dietro al davanti, osservando di fare un gocciolatoio che sporga d'un pollice sulla fossa ben mnrato con malta di cemento ed agguagliato colla cazzuola.

Angoli di pietre di taglio.

Gli angoli delle spalle dei piccoli fianchi delle cortine saranno armati di pietra di taglio, foggiate come le già dette, e sul mezzo d'ogni cortina sarà fatta una garetta pure di pietra di taglio, secondo i piani e profili stabiliti, e secondo quanto sarà poi detto in seguito.

A misnra che si innalzeranno i rivestimenti, si continuerà lo scavo delle terre dei fossi, in cui le men sode saranno scelte e poste a parte sulla strada coperta, per formare i parapetti tanto della detta strada coperta, che delle opere della piazza; e il soprappiù sarà unito alla massa dei bastioni per di dietro, collegando i rivestimenti e i contrafforti, ove saran disposte e battute con mazzeranghe del peso di venticinque a trenta libbre all'altezza di 6 pollici sopra 12 piedi di larghezza, ed elevate a ciascuno di questi letti in pendìo di 6 pollici sul di dietro, tanto per alleviare i rivestimenti dal peso delle terre, quanto per impedire la filtrazione delle acque a piede dei fondamenti.

Terrapienamento dei bastioni.

Il fianco delle terre attiguo alla mnratura si alzerà d'altrettanto, e su ciascuno dei due letti, formanti insieme un piede d'altezza, ben battuto e ben sorretto, come si disse, sarà posto nn rango di fascine, spaziato da fusto a fusto di due dita di distanza l'una dall'altra, colla parte più grossa del fusto appoggiata contro il di dietro del rivestimento, che sarà pure reiterato a ciascun piede dell'altezza fino all'intero elevamento dei bastioni; notando che questi bastioni devono essere innalzati di tre piedi più dei rivestimenti per le ragioni atate addotte, e che il loro terrapieno deve essere eretto in pendio d'nn piede e mezzo dal piede della banehina sino alla scarpa interna. La banchina del terrapieno sarà coperta della men cattiva terra che potrà trovarsi, e della più purgata dalle pietre.

Terrapienamento dei bastioni e banchine.

I parapetti e le banchine saranno costrutti nello stesso ordine dei bastioni, ma non si adopreranno che terre dolci, scelte e purgate dalle

pietre, che se non se ne avesse di questa qualità a sufficienza, bisogna prepararne, facendone passare della comune allo staccio.

Piotatura dei parapetti.

Si pioterà il paramento interno di questo parapetto colle precauzioni di cui si è parlato, e il grosso fusto della fascina, appoggierà sulla coda delle piote.

TORRI BASTIONATE.

Fondamenti delle torri.

Per i fondamenti delle torri bastionate, si useranno le stesse precauzioni che per quelli delle cortine, e si praticheranno alla stessa profondità, supposto che il fondo vi si trovi solido e vivo; nel qual caso non si recherà alcun cambiamento alla disposizione indicata pel fondamento dei corpi della piazza, fuorchè i panconi saranno raddoppiati lungo gli angoli di 12 piedi da ciascun lato. Che se il fondo fosse mal sodo e incerto, dopo averlo approfondito più che si sarà potuto, si daranno sei a dodici pollici di grossezza ai panconi, e si porranno sul mezzo e sul di dietro dei fondamenti, come sul davanti, se no si porrà una grata di legno; e se sarà necessario di prendere maggiori precauzioni, si coprirà la superficie della grata di un tavolato di panconi di sei pollici di grossezza.

Rivestimenti.

Inoltre, tutto si farà come è stato detto per la costruzione delle cortine, e si praticheranno tanto le due riseghe nei fondamenti, quanto i tre filari di pietra di taglio che formano il basamento e la risega superiore. Si farà pure una risega di tre pollici dalla parte delle terre, e questo a livello dell'interno delle torri, che sarà innalzato di sei piedi al di sopra del fondo della fossa, alla quale altezza tutta la grossezza del rivestimento sarà ridotta a dodici piedi ed un pollice; e questo rivestimento, continuato all'esterno collo stesso pavimento e la stessa guarnitura di quella delle cortine, e colla scarpa sempre d'uno sopra sei e verticalmente pel di dietro. Il paramento interno che formerà il piedritto delle volte sarà fatto di mattoni grosso un piede e mezzo, e sarà posto su due filari di pietra di taglio che correranno intorno alle faccie, fianchi e gole.

Parapetto.

Il cordone che terminerà questo rivestimento sarà della qualità e forma dei sopraddetti; e il parapetto che lo sormonterà sarà intieramente fatto di muratura di mattoni, nella quale saranno praticati quattro vani, due ad ogni fianco, come pure al paramento di mattoni scelti, afregati l'un contro l'altro sino a tanto che ben si combacino, e posti poi in coltello in buona legatura, sopra 3 piedi di grossezza, tanto dal fondo che dai lati, e questi vani saran praticati giusta le misure delle loro piante, profili colle loro rampe e scarpe; lo stesso dicasi pei vani del piano inferiore. Final-

mente il parapetto sarà terminato da un filare di mattoni posati alternativamente in coltello e a piatto, facendo aggetto d'un pollice sul fosso, e murato in bagno di malta composta, come si è detto.

Sfiatatoj.

Saranno pure costrutti a paramento di mattoni gli sfiatatoj ed i cammini necessarii per l'uscita del fumo, secondo che sono indicati sulla pianta, cioè tra i vani del piano inferiore, e ognuno di questi sfiatatoj avrà 3 piedi di lunghezza sopra 9 pollici di larghezza al basso, rimontando a 6 pollici in alto, e s'aprirà nella grossezza dei parapetti.

Banchine.

Si è detto a suo luogo quali devono essere le dimensioni delle banchine di queste opere; solo si cercherà che sieno tutte di muratura.

Angoli e Garette.

Gli angoli del paramento esterno saranno tutti muniti di pietre di taglio della foggia e delle forme sopraddette, e sull'angolo fiancheggiato d'ogni torre sarà fatto una garetta pure di pietra di taglio, conformemente a quanto diremo.

Quell' opera poi che i Francesi chiamano *noyau* della torre, avrà i fondamenti tanto bassi quanto le altre parti della torre medesima e colle stesse precauzioni, sarà innalzata a paramento grezzo sino al livello del pian terreno interno della detta torre, e dopo che i suoi livellamenti saranno stati eseguiti, e i suoi muri ridotti alla loro giusta misura, si farà paramento netto con due filari di pietra di taglio, che scorreranno tutto all'intorno parallelamente all'intorno dei fianchi, facce e gole, come pure intorno ai fianchi dei magazzini a polvere: poi il di più dell'altezza si eleverà in grossa muratura con paramento di mattoni d'un piede e mezzo di grossezza, ed a piombo di quattro piedi e mezzo al di sopra dei fondamenti, alla quale altezza la muratura sarà propriamente agguagliata e disposta per cominciar le vôlte.

Gole.

Gli angoli del *noyau* saranno pure di pietre di taglio collocati per filari; si osserverà alla gola delle torri la stessa costruzione che a queste opere, cioè lo stesso paramento, la stessa profondità dei fondamenti e la stessa risega. In mezzo a queste gole, ed a livello del pian terreno delle torri, sarà fatta una porta di 8 piedi di larghezza sopra 8 e mezzo di altezza, i cui piedritti saranno di pietra di taglio come pure le soglie e le aperture dei vani. — Questo passaggio sarà chiuso da una porta di legno di quercia di quattro pollici di grossezza, munita di ferramenti e chiavistelli di forza sufficiente e di due buone serrature: sarà fatta una simile apertura nel mezzo di questa gola al livello

del bastione, con una chiusura pure di legno di quercia, munito dei ferramenti necessarii, il tutto d' una forza conveniente.

Volte.

L' intervallo che si troverà tra i *noyau* delle torri e le loro faccie, fianchi e gole sarà voltato a tutto sesto sopra 18 piedi di larghezza e 3 e mezzo di grossezza, il tutto di mattoni; su di cui si eleverà in cappa con pietrame e malta di calce e sabbia, la muratura della corona delle volte, il cui pendio sarà prolungato da una parte e dall' altra per dare scolo alle acque; questo pendio farà capo ad un rigoletto che sarà formato lungo il parapetto ad un piede e mezzo, poi le acque scolcranno nel fosso col mezzo di alcune gronde che le porteranno a 3 piedi al di là della scarpa dei rivestimenti: si volterà pure il magazzino a polvere su tutta la sua larghezza e si praticheranno gli sfiatatoj e le porte necessarie.

Cappe di cemento.

Terminate le volte si copriranno su tutta la loro lunghezza e larghezza d' una cappa di cemento.

Terrapienamento delle volte.

Ben formata l' opera ed esattamente visitata, si terrapienerà su le volte, cominciando da un letto di grossa sabbia o ghiaja, se se ne ha, o di minuti frantumi di pietra di 5 a 6 pollici di grossezza, egualmente stesi e posati su tutta la superficie della cappa, e continuando con un letto di terra dolce d' un piede di grossezza che si batterà ben bene e si caricherà di nuovo della medesima terra, letto per letto sino allo intero terrapienamento, che sarà innalzato almeno di tre piedi al di sopra della sommità delle cappe.

Porte segrete di uscita.

I piedritti delle porte segrete di uscita attiguo ai fianchi delle torri, saranno fondati colle stesse precauzioni e colla stessa solidità, che abbiam già detto essere necessaria, e saranno innalzati verticalmente al di sopra dei loro fondamenti in grossa muratura, con paramento di mattoni d' un piede e mezzo di grossezza dal lato della galleria soltanto.

Chiassajuoli.

Si addosserà l' esterno di questi piedritti di pietre o piccioli muri secchi di 2 piedi di grossezza che saran fatti con scaglie disposte, opportunamente a mano senza calce e di volta in volta agguagliate con ghiaja o creta per empierne le commessure. Questi muri saranno innalzati sino a due piedi vicino alla superficie del terrapieno dei bastioni, e questi due piedi saranno continuati in muratura di calce e sabbia sino all' incontro della cappa di cemento che bisognerà prolungare su tutta la loro

grossezza, perchè la traspirazione o l'umidità non danneggino i grossi muri. Bisognerà porre i fondamenti di questi chiassajuoli un piede o due più basso delle aree dei sotterranei e si avrà cura di praticarvi dei condotti per facilitare lo scolo delle acque. Si faranno pure ai passaggi dall'entrata delle torri, e a quelli delle porte, fianchi bassi sotterranei e generalmente a tutti gli altri muri che sosterranno delle terre, quand'anche fossero coperti, perchè le acque vi si radunino e non penetrino nei sotterranei.

Volte delle porte segrete.

La volta che poggerà sui piedritti di queste porte sarà costrutta a tutto sesto, di 2 piedi di grossezza soltanto, e il soprappiù sarà di grossa muratura, ed innalzato a mezza cappa contro la gola della torre che copre il muro secco, e coperto poi d'una cappa di cemento.

Saranno erette nei sotterranei due porte di pietra di taglio di 4 piedi e mezzo di larghezza, ciascuna sopra sette di altezza sotto la chiave, notando di fare nei piedritti i necessarii canali per applicarvi i serramenti.

Passaggio dell' ingresso nelle torri.

I muri di passaggio dell'ingresso delle torri, come pure le loro strombature esterne, saranno costrutti nello stesso ordine delle porte segrete, e la lor volta fatta a tutto sesto di tre piedi di grossezza di mattoni sormontata da una piccola cappa di muratura e da un' altra di cemento. I piedritti della porta avranno ognuno diciotto pollici di quadro, e 3 piedi all'angolo, il che farà 4 piedi e 6 pollici di grossezza di muro al di sopra dei fondamenti: questa porta sarà voltata a tutto sesto. Quanto alle strombature saranno terminate da un filare di mattoni posti a bagno di malta, che formerà un gocciolatoio sporgente d'un pollice sul davanti.

Porte di legname.

Tutte le porte di legname tanto delle torri che dei loro passaggi e porte segrete saranno di quercia ben secca, grosse due pollici per le piccole porte e quattro per le grandi, raddoppiate, con arpioni e forti bandelle a coda di rondine, ben attaccate alle porte con chiodi ribaditi al collo, parecchi altri chiodi limati a testa tonda lungo le branche, e tre altri alle estremità delle code di rondine attraversante tutta la grossezza del legno, a punta ribattuta; il tutto di forza sufficiente, come gli altri serramenti e ferramenti.

Scale.

Si poseranno le scale che saranno lungo l'ingresso delle torri sopra un massiccio di muratura di 21 piedi di lunghezza e sei e mezzo di larghezza. Tutti i gradini saranno in pietra di taglio, come pure i canti del muro d'appoggio, che sarà ricoperto d'una tavoletta pure di pietra di taglio di sei pollici di grossezza e due piedi e due pollici di larghezza, ben commessi e collegati con ramponi di ferro impiombati e incassati per la loro grossezza nella detta tavoletta.

Pavimento delle torri.

Il pian terreno delle torri, come pure quello di tutti i loro passaggi ed ingressi, sarà pavimentato di mattoni scelti, posti l'un contro l'altro in coltello e in bagno di calce e sabbia fina e ben a livello. Quanto alle torri che serviranno di magazzino da polvere sarà fatto un tavolato di travicelli di otto a nove pollici di grossezza, coperti di panconi di quercia di due pollici di grossezza, incavigliati sui travicelli e opportunamente commessi, su cui saran poi incavigliati i legni che devono portare i barili.

GRANDI PORTE, PASSAGGI E CORPI DI GUARDIE DEGLI INGRESSI PRINCIPALI

Fondamenti degli Imbasamenti.

Le facciate esterne delle quattro grandi porte d'architettura come pure i muri dei loro passaggi, saranno fondati nello stesso tempo dei rivestimenti del corpo della Piazza, e con le stesse precauzioni. Ogni facciata avrà 9 tese e mezzo di lunghezza nei fondamenti sopra 14 e mezzo di larghezza, e dopo essere stata innalzata a piombo davanti e dietro in grossa muratura con riseghe simili a quelle delle cortine, sarà agguagliata ben di livello dietro il fondo del fosso, sul quale agguagliamento sarà eretto in pietra di taglio e malta di cemento, il basamento della facciata colle opere rappresentate sulla pianta e con scarpa sino al pian terreno della piazza, ove sarà terminato da un cordone di pietra di taglio di 10 pollici d'altezza e 5 d'aggetto.

Gabbia del bilico.

Si osserverà, costruendo questo basamento, di non dargli che un piede e mezzo di grossezza per l'alto al luogo del bilico, perchè nulla impedisca il movimento di questo bilico, la cui gabbia avrà 12 piedi e mezzo di larghezza sopra 13 di profondità, e sarà rivestita dal lato delle terre di grossa muratura d'un muro di 3 piedi e mezzo di grossezza al di sopra dei fondamenti, e ridotti a 2 piedi e mezzo per l'alto. Si osserverà ancora per discendere nella detta gabbia, di praticare in uno dei suoi lati una piccola scala voltata a 2 piedi e mezzo di larghezza e di dare un po' di pendio al fondo della gabbia con una gronda per lo scolo delle acque che vi si potrebbero fermare.

Facciate delle porte.

Al di sotto dal cordone del basamento saranno erette le facciate delle porte secondo le dimensioni che sono state segnate più sopra; saranno decorate di quattro pilastri d'architettura nelle proporzioni dell'ordine Toscano, con tutti gli spartimenti, le basi, imposte, capitelli, architravi, fregi, cornici, frontoni ed altri fregi del detto ordine; vi si scolpiranno per soprappiù le armi reali nell'arco al di sopra della porta e l'impresa di Sua Maestà nel frontone, il tutto posto in bagno di malta, ben agguagliato e propriamente eseguito; osservando inoltre che tutte le

commessure sieno in isquadra sopra 18 pollici di lunghezza, che i quadrelli sien misti d'un terzo di pietre poste colla larghezza infuori, di 2 piedi di coda, e tutte le altre parti sieno assolutamente conformi alle piante ed ai profili. Le opere rientranti saran pure tutte di pietre di taglio, come la parte inferiore dei grossi muri delle porte.

Passaggio degli ingressi.

I fondamenti dei muri che formeranno il passaggio di queste porte, saranno innalzati sino al livello di questo passaggio; poi, dopo aver fatto tre pollici di risega da ciascuna parte, si poseranno dalla parte del passaggio due filari di pietra di taglio d'un piede d'altezza ciascuno, e misti d'un terzo di pietre poste colla larghezza d'un piede e mezzo circa in fuori: su questi filari si farà un'altra risega di 2 pollici, per innalzare poi a piombo i muri in paramento di mattone d'un piede e mezzo di grossezza, e il soprappiù dal lato delle terre in pietrame, ciottoli e mattoni sino a cinque piedi d'altezza, ove la muratura sarà aggnagliata ben a livello per ricevere un'imposta di pietra di taglio, alta otto pollici, su la quale comincierà la nascita delle volte. I contrafforti di questi muri avranno i fondamenti alla stessa profondità, e saranno pur costruiti di grossa muratura.

Archi doppj.

Questi archi saranno di pietra di taglio, e avranno due piedi di larghezza sopra due di aggetto: quelli in cui si troverà il passaggio degli organi, saranno larghi quattro piedi e dieci pollici, compresi gl' incavi che avranno dieci pollici di apertura sopra altrettanto di profondità, e quelli del mezzo del passaggio non avranno che quattro piedi. Saranno spaziati a 9 piedi e mezzo di distanza gli uni contro gli altri, e i filari di cui saranno composti faranno lega da due parti osservando che quelli che non la faranno sieno di due pezzi soltanto e non più, e così si continuerà fino al chiudimento degli archi.

Si farà un chiassaiuolo a ciascun lato di questi muri, poi si comincerà la volta al di sopra dell' imposta. Queste volte saranno costruite di mattone sopra due piedi di grossezza, ingrossando insensibilmente per di dietro, secondo la sezione della loro centina, poi saranno ricoperte d'una cappa di cemento grossa un pollice; ma questa ai luoghi soltanto in cui non saranno coperte dagli edifizj.

Vestiboli e corpi di guardia.

I vestiboli e corpi di guardia di questi passaggi saranno fondati ed elevati colla stessa attenzione, e saranno perfettamente conformi alle misure e decorazioni delle loro piante e profili.

Paracarri e Pavimento.

A dritta e a sinistra di questo passaggio saran posti dei paracarri di pietra per impedire che le vetture non offendano gli archi e i piedritti delle volte; ognuno di questi sarà alto cinque piedi e mezzo, due

e mezzo dei quali saranno interrati e murati in un piccolo massiccio; avranno diciotto pollici di diametro al livello del pavimento, ed undici a dodici alla testa; saranno arrotondati e battuti collo scarpello sul luogo.

Il pianterreno, tanto del passaggio che dei corpi di guardia e vestiboli, sarà pavimentato con ciottoli posti in un letto di sabbia disposto come vedremo.

Scale e latrine.

Le scale per montar sul bastione, saranno costrutte nello stesso modo di quelle delle torri bastionate, con questa differenza che si praticherà sotto ciascuna di queste una latrina, nella quale cadranno per mezzo d'un piovente le acque della città per poi colar nella fossa. I muri di queste latrine non avranno che un piede e mezzo di grossezza. I serramenti, organi e bilichi saranno costrutti, secondo i loro disegni particolari.

LOCALI SUPERIORI.

Muri di facciata e di spartimento.

I muri di facciata e di spartimento, tanto dei locali al di sopra dei vestiboli e dei corpi di guardia, che della camera degli organi, saranno costrutti di mattoni, intonacati propriamente all'esterno, imbiancati al di dentro e muniti di pietre di taglio nei loro angoli. I piedritti dei pilastrini, porte, finestre, appoggi e chiusure saranno pure di pietre di taglio diligentemente accoppiati.

Cammini.

I cammini saranno costrutti in mattoni sopra sei pollici di grossezza, e addentrati di 3 pollici nella grossezza dei muri, innalzati di tre piedi al di sopra del tetto, intonacati e stabiliti da due parti, con plinto di mattoni al livello del comignolo, ed un altro a 3 piedi più alto al luogo della chiusura. I tubi di questi cammini saranno looghi 3 piedi in opera e larghi 10 pollici.

Serramenti per finestre.

I serramenti delle finestre saranno di legno di quercia ben secco; i loro telaj fissi avranno due pollici di larghezza, quelli di invetriata un pollice e mezzo e le imposte un pollice, il tutto ben commesso. Saranno oltre di ciò muniti dei lor ferramenti, cioè gangheretti, paletti e ramponi il tutto ben limato e collocato in opera; i vetri saranno bianchi e legati in piombo di forza sufficiente, poi trattenuti con verghette ben fitte ad ogni lastra.

Porte di legname.

Le porte comuni saranno dell'altezza e larghezza dei vani costrutte con legni di quercia ben secco d'un pollice e mezzo di grossezza, commessi

a incavatura, incollati e incastrati alle due estremità di sei pollici d'altezza; saranno pure munite di cardini, impiombati nella pietra, con bandelle a coda di rondine di due pollici di larghezza sopra due piedi e mezzo di larghezza attaccate alle dette porte con un chiodo ribadito all'estremità; il tutto brunito e ben limato; come pure della serratura con catenacciuoli e manette.

Legname pel tetto e per la soffitta.

La parte della soffitta di questo edifizio, che si troverà al di sopra del vestibolo, poserà su delle pietre che saranno collocate al di sopra della volta, e l'altra parte trovandosi sui corpi di guardia che non sono voltati, poggerà sopra travicelli sostenuti da travi, grosse tredici a quindici pollici, e i travicelli sette a cinque; le une e gli altri saranno della lunghezza e qualità richieste, e di un buon legno di quercia bene squadrato e senza alburno. Le asticciuole del tetto, le sue gambe di forza, staffe, puntoni e piattaforme saranno dello stesso legno; il resto della commessura sarà di abete, e lunghe e larghe quanto diremo in appresso. I pavimenti saran pure d'abete ben lavorato, ad eccezione di quelli che si ammattoneranno.

Copertura.

La copertura di questi edifizj sarà doppia, e di tegole ben cotte, di forma ordinaria del paese, poste sopra una panconcellatura d'abete, attaccata ai travetti. I pioventi saranno raddoppiati.

PORTE D' USCITA, SOTTERRANEI ED ACQUIDOTTI.

Ingressi segreti e sotterranei.

Si porranno i fondamenti dei piedritti delle porte segrete d'uscita e dei sotterranei o fianchi bassi, sopra un buono e vivo fondo con grossa muratura, come pure le scale per discendervi; poi, fatta ogni risega, si eleveranno in paramento di mattone d'un piede e mezzo di grossezza dal lato del loro passaggio, e il soprappiù in muratura grezza, come pure i contrafforti, notando di praticarvi tutti gli sfiatatoj e cammini che sono indicati sulla pianta. Le volte saranno pure costruite con mattoni scelti sopra tre piedi di grossezza, poi saranno coperte d'una cappa di cemento.

Porte.

Le porte d'ingresso saranno di pietra di taglio semplicissima e senza alcun lavoro, fuor quella degli incavi, ove saranno applicate porte in legno di quercia a due battenti di quattro pollici di grossezza, munite di cardini, chiavistelli e serrature di forza sufficiente.

Acquidotti.

I massicci che sopporteranno gli acquidotti saranno fondati sopra buono e vivo fondo di 7 piedi di larghezza, i piedritti saranno rivestiti all'interno

di due filari di pietra di taglio, alto un piede ciascuno, posati in cemento, e ben trattenuti con ramponi di ferro, impiombati. Il fondo di questi acquidotti sarà pavimentato di pietra di taglio a commessure coperte, posate pure in cemento secondo il suo pendio, poi sarà sormontato da una volta di mattoni grossa due piedi, terminata superiormente in scarpa, le cui giunture siano bene agguagliate prima d'essere ricoperte di terra: si avrà cura di fare una grata all'ingresso di questi acquidotti dal lato della piazza, e della loro uscita dal lato del fosso; il quale ingresso sarà ridotto a 10 pollici di larghezza sopra un piede d'altezza, con una gronda di pietra di taglio, che porterà le acque al di là della scarpa del rivestimento.

CONTRAGGUARDIE, MEZZELUNE, TANAGLIE ED OPERE A CORNA.

Rivestimento.

I rivestimenti delle contragguardie, mezzelune, tanaglie ed opere a corna, avranno fondamenti tanto bassi quanto quelli del corpo di guardia della piazza, formati con gli stessi materiali e le stesse precauzioni; poi saranno innalzati come le cortine in paramento di pietrame battuto collo scarpello, posato su due filari di pietra di taglio; solo con una risega di 2 pollici al davanti, e scarpa d'un sesto della loro altezza. La parte posteriore di questo paramento sarà innalzata a piombo e costrutta di grossa muratura, composta come si è detto più sopra. Poi all'altezza, stata specificata a suo luogo, la muratura sarà agguagliata e terminata da un filare di mattoni posti in buona legatura e bagno di malta fina. Si muniranno gli angoli di grosse pietre di taglio delle dette misure e qualità, e si praticheranno nelle gole le rampe e scale disegnate sulla pianta, come pure si terrà l'esatta distribuzione delle contragguardie che saranno pure di grossa muratura.

Terrapienamento.

Le terre delle fosse di queste opere saranno addossate alla massa dei loro bastioni e parapetti, e adoperate a terrapienarli; il che si farà per letti battuti d'un piede d'altezza e fascinati nello stesso ordine stato indicato pel corpo della piazza.

Viottolo.

All'altezza della sommità del rivestimento delle facce e fianchi delle opere e dietro l'orlo esterno della detta sommità, sarà fatto un viottolo di 10 piedi di larghezza alle contragguardie, d'un piede e mezzo alle tanaglie, e di dieci alle mezzelune ed all'opera a corna; lungo il quale sarà continuata l'elevazione dei bastioni e parapetti in piote o tarsie soltanto, notando di mettere a parte tutte le migliori terre che sono state portate in queste opere, per essere poi passate allo staccio, e adoperate tanto alla costruzione dei parapetti che a ricoprire d'un piede e mezzo d'altezza tutte le superficie dei terrapieni e scarpe dei bastioni, che saranno, come pure le banchine, ben battuti ed agguagliati secondo il loro livellamento.

Siepe vive.

Si pianterà su questi viottoli, eccettuati quelli delle tanaglie, una siepe viva di biancospino, disposta come è stato detto altrove.

Porte segrete delle contragguardie.

Le porte segrete che danno accesso dalle contragguardie alle tanaglie, saranno costrutte nello stesso ordine di quelle delle cortine, non essendovi altra differenza che nelle lor dimensioni, già state spiegate a suo tempo.

Porte d' architettura.

Saranno fatte al passaggio delle quattro mezzelune, che stanno agli ingressi principali della piazza, delle porte d'architettura aventi le dimensioni e qualità sopra annunciate; e queste porte saranno ornate di due pilastri eretti secondo le proporzioni dell'ordine Toscano coi loro zoccoli, le loro basi, capitelli, fregi, cornici, poi saranno terminate da un frontone in cui verranno scolpite le armi del re, e sul quale si porranno tre sfere, montate sui loro piedestalli, sormontate da fiamme e fisse con arpione di ferro, lungo un piede e impiombato. L'una di queste sfere sarà posta sul mezzo del timpano e le due altre sui pilastri. Il basamento sarà di pietra di taglio dalla parte superiore de'suoi fondamenti sino al di sotto del ponte levatoio come pure tutto l'insieme delle dette porte. Vi si praticheranno i corpi e le opere rientranti segnate nel disegno, non che i bilichi e gli altri assortimenti.

Profili del passaggio.

I fondamenti dei profili del passaggio, come pure i lor contrafforti, poseranno sopra un fondo buono e vivo e saranno costrutti di buona muratura; fatte le solite riseghe al livello di questo passaggio, si comincierà l'elevazione dei muri con due filari di pietra di taglio, alto un piede ciascuno, che si continueranno poi verticalmente ai due lati e in paramento di mattoni d'un piede e mezzo di grossezza dalla parte del passaggio; il soprappiù in grossa muratura sino all'altezza del bastione, al di sopra del quale, la muratura delle parti eccedenti sarà fatta di mattoni su tutta la sua grossezza. Al qual proposito si avrà cura di ben agguagliarne a livello la detta muratura a ciascun piede e mezzo d'altezza e porvi traverse di mattone per legarla maggiormente; dopo di che si terminerà all'altezza del bastione con un filare pure di mattoni posti in bagno di cemento.

RIDOTTI NELLE MEZZELUNE.

La costruzione di questi ridotti sarà conforme in tutto a quanto è stato detto pel corpo della piazza; si praticheranno gli stessi angoli, gli stessi basamenti, gli stessi paramenti, cordoni e terrapienamenti con le porte, passaggi, rampe, scale e generalmente quanto è espresso nelle piante e profili.

RIVESTIMENTO DELLE FOSSE.

La muratura dei rivestimenti delle fosse sarà simile a quella dei grossi rivestimenti, e terminata alla sommità da un filare di mattoni scelti, posti in bagno di malta, con un pollice d' aggetto sulla fossa, ed un pollice e mezzo di pendio superiormente verso lo stesso lato. Gli angoli salienti saranno arrontonditi, e i rientranti muniti di pietre di taglio sopra due o tre pollici da una parte e dall'altra; osservando di praticare delle discese e salite di tre piedi e mezzo di larghezza in rampe di scala, i cui gradini saranno pure di pietra di taglio e d'un sol pezzo, e avranno otto pollici di altezza sopra dieci di larghezza, posti e commessi in bagno di malta. Si avrà cura d'aumentare di due piedi la grossezza di questi rivestimenti al luogo delle scale.

STRADA COPERTA E SPALTO.

Strada coperta.

Il parapetto delle strade coperte sarà rivestito, come è stato detto, sino ad un piede e mezzo vicino alla sua sommità; questo rivestimento avrà i fondamenti due piedi più basso della parte superiore delle banchine, e stabiliti su due file di panconi di 4 a 12 pollici, al di sopra dei quali sarà innalzato a piombo sino a livello della banchina, poi secondo la scarpa della piota sino all' altezza di 3 piedi, ed a piombo per di dietro; il tutto in grossa muratura.

Spalto.

Il soprappiù di altezza sarà piotato sino alla sommità e fascinato secondo al solito, osservando di adoperarvi 3 piedi di altezza di terra dolce, che bisognerà estendere sino a 5 tese della palizzata, e ben purgata dalle pietre, come pure tutta la superficie dello spalto che si avrà cura di ben unire ed elevare perfettamente secondo il suo pendio.

Traverse.

Si eleverà l' interno del parapetto delle traverse alla medesima altezza di quello della strada coperta, e col pendio d' un piede od un piede e mezzo dal lato della piazza; si rivestirà di muratura come quella della strada coperta, o di piotatura soltanto, e l' esterno di tarsiatura, osservando pure di mettere 3 piedi di terra dolce su tutta la superficie superiore della traversa e di batterla per letti di sei pollici e fascinare di piede in piede. I loro profili, tanto dal lato del fosso quanto da quello del loro passaggio di comunicazione, saranno rivestiti su tutta la loro altezza, e la loro sommità terminata con un filare di mattoni, in bagno di malta. I passaggi di queste traverse avranno 4 piedi e mezzo di larghezza presi nella grossezza dello spalto e una tesa di risvolto per ripararsi dalle infilate. Le banchine saranno simili a quelle delle strade coperte.

Profili dei passaggi delle barriere.

Si rivestiranno pure alla medesima altezza di quelli dei rivestimenti delle strade coperte tutti i profili delle sortite e passaggi delle barriere. Quanto

a quelli che si troveranno dicontro agli ingressi delle quattro grandi porte della piazza, si rivestiranno d'nn mnro di mattoni di due piedi e nove pollici di grossezza dal lato della strada coperta, e di due piedi e tre pollici all'altra sna estremità dal lato dello spalto, con scarpe e risega sporgente di tre pollici pei fondamenti. Questo muro sarà innalzato all'altezza dello spalto di cui seguirà il pendio, e la sua sommità sarà terminata da un filare di mattoni posti in bagno di malta.

Palizzate.

Le palizzate della strada coperta delle traverse saranno fatte di legno di quercia e avranno otto piedi di altezza sopra diciotto a venti pollici di giro, e si spazieranno di due dita, segnate sul loro listello, dopo averle ben appuntate.

Grandi barriere.

Per chiudere i passaggi e le sortite della strada coperta, si faranno barriere della lunghezza dei passaggi, a due battenti, rivolgentisi sui piuoli, fermati all'alto con collari e commessi con traversi e contraffissi. Queste barriere saranno trattenute da pali di 10 a 11 pollici di grossezza, e 9 piedi e mezzo di lunghezza, con la punta egualmente alta di quella delle palizzate, tenute in sito ognuna da un'asse lunga 7 piedi e grossa 7 ad 8 pollici e commesse con due soglie della lunghezza dei vani e grosse 9 e 10 pollici, l'uno delle quali sarà interrata di 2 a 3 piedi, e l'altra posta a livello del passaggio, il tutto in quercia, disposto come si è detto a suo luogo, e munito di ferramenti di conveniente forza.

Piccole barriere.

Si porranno delle piccole barriere ad nn solo battente di 4 piedi e mezzo di larghezza all'ingresso dei passaggi d'ogni traversa, che avranno la stessa altezza, le stesse chiusure e saranno dello stesso legno dei precedenti, eccettuati i pali, grossi soltanto 10 a 12 pollici.

PONTI DELLA PIAZZA.

Ponti fissi degli ingressi principali.

I ponti fissi degli ingressi principali della piazza, tanto sul gran fosso che su quello delle mezzelune e ridotti, poggeranno sopra cavalletti spaziati a dodici piedi di distanza l'uno dall'altro, da mezzo a mezzo, e ognuno di questi cavalletti sopra una pila di muratura di pietra di taglio d'nn piede di altezza ed uno e mezzo di larghezza, che sporgerà fuori del nudo delle soglie, e sarà eretto al di sopra d'nn massiccio di grossa muratura coi fondamenti sopra panconi di quercia.

Questi cavalletti saranno composti di cinque travi, ognuno grossi dodici a quattordici pollici, di cui uno sarà posto nel mezzo ed a piombo, e gli altri due da ciascun lato in iscarpa con contrafforti e legami di nove a dieci pollici, il tutto commesso a maschio e femmina con rinforzo nelle soglie e nel cappello.

Sopra ogni campata si poseranno cinque travicelli di tredici piedi di lunghezza ciascuno, e dodici a tredici pollici di grossezza, e si avrà cura di spaziarli egualmente sopra quindici piedi di larghezza, che sarà quella di questi ponti; poi si coprirà in traverso d'un letto di panconi di quercia di sedici piedi di lunghezza e di quattro pollici di grossezza soltauto, sul mezzo de' quali sarà fatto un raddoppiamento d'altri panconi dello stesso legno, di dieci piedi di lunghezza e tre pollici di grossezza, per guarentire il primo tavolato dallo sforzo e dal guasto delle vetture.

I travi d'appoggio saranno quindi eretti sopra i cappelli, e ognuno sarà lungo sei piedi e grosso sette ad otto pollici: sarà munito de' suoi legami pendenti, appoggi, sotto-appoggi, travicelli e croci di S. Andrea. I legami pendenti avranno ognuno sei piedi di lunghezza sopra sei a dodici di grossezza; gli appoggi e sotto-appoggi saranno lunghi ciascuno dodici piedi, e grossi sei a sei; i travettini ognuno di tre piedi di lunghezza sopra cinque e sei pollici di grossezza, e le croci di S. Andrea lunghe sei piedi e grossi cinque a sei pollici. Pavimentandosi poi questo ponte, la soprassoglia avrà nove a nove pollici di grossezza su tutta la lunghezza dei ponti.

Ponti levatoi.

I ponti levatoi si faranno lunghi e larghi quanto le porte della piazza e saranno muniti delle leve, bilichi, telai, catene, serrature e ferramenti necessarii, il tutto ben fisso ed attaccato con chiavarde, viti e dadi opportunamente incassati e posti in opera, conformemente ai disegni che saranno dati. Osservando in generale di dare ventisette piedi di lunghezza alle leve sopra dodici e 14 pollici di grossezza dalla grossa estremità, e 9 a 10 dalla piccola; regolando inoltre le loro commessure secondo i calibri necessarii per levare il marciapiede di questi ponti, di cui non deve esservi che il telaio in quercia, e il resto d'abete, per essere più leggero e facile a levare ed a moversi.

Ponti di comunicazione dalle contragguardie alle tanaglie.

I ponti di comunicazione dalle contragguardie alle tanaglie saranno più leggieri dei precedenti, e consisteranno soltanto in tre cavalletti spaziati a 10 piedi e 9 pollici di distanza gli uni dagli altri da mezzo a mezzo, ciascuno de' quali sarà composto d'una soglia, d'un cappello, di due montanti e dei legami necessarj. Le soglie avranno 10 piedi, 11 pollici di lunghezza sopra 7 ad 8 pollici di grossezza; i travi, 7 piedi e 5 pollici di lunghezza tra la soglia e il cappello, sopra 7 a 7 di grossezza; i cappelli 6 piedi e 3 pollici di lunghezza sopra 7 a 7; i legami 3 piedi sopra 6 a 6; i travettini 14 piedi e mezzo sopra 6 a 7, e i panconi del tavolato 4 pollici di grossezza. I detti cavalletti saranno pure posati sopra un massiccio di muratura, e il ponte levatoio sarà grande come l'apertura della porta del sotterraneo con grossezze proporzionate.

GARETTE.

Garette di pietra di taglio.

Le garette di pietra di taglio si faranno ad ogni angolo fiancheggiato delle torri bastionate, come pure in mezzo ad ogni cortina; saranno di

figura pentagonale, e avranno quattro piedi e mezzo di diametro in opera e otto pollici di grossezza di lega. Si praticherà al loro ingresso una porta larga due piedi e alta sei, e su ciascuna delle loro facce un piccolo merlo di due piedi d'altezza e sei pollici di larghezza nel mezzo della sua grossezza, con una strombatura al di dentro ed all'infuori di tre pollici da ciascun lato di questo merlo. Si osserveranno inoltre tutte le bozze, i cordoni e gli ornamenti segnati nel disegno. Queste garette poseranno sopra un fondo di lampa pure di pietra di taglio, nella faccia della quale saranno scolpite le armi del re; poi saranno sormontate da una volta a guglia.

Passaggio delle garette.

Si accederà a queste garette con un passaggio di due piedi e mezzo a tre piedi di larghezza, rivestito da ciascuna parte d'un muro di mattone grosso un piede e mezzo, che profilerà i parapetti e le banchine.

Garette di legno.

Tutte le altre garette, tanto delle contragguardie che delle mezzelune, opera a corna ed altri luoghi della piazza, ove ne occorreranno, saranno di legno di quercia, e larghe due piedi e mezzo in quadrato in opera, sopra piedi cinque e otto pollici di altezza, non compresa la copertura. I legni verticali e delle traverse saranno grossi sei pollici, e i telai in basso 7 ad 8. Saranno ricoperte dai fianchi e dalla parte superiore di assi d'abete ben commesse e munite di merli ai fianchi.

POZZI.

I pozzi della piazza saranno approfonditi sino a tanto che vi siano quattro a cinque piedi d'acqua viva, e più se è possibile; dopo di che si collocherà nel fondo un tino di quercia di quattro a dodici pollici di grossezza, e di quattro piedi di diametro in opera, su cui saran posti quattro filari di pietra di taglio l'un sopra l'altro, alto un piede ciascuno, facendo lega di diciotto pollici di grossezza, tagliati dentro e fuori, posti in cemento e ben connessi con ramponi di ferro colati in piombo. Il di più sarà innalzato in muratura di mattoni o pietrame, fatto con una malta di calce e sabbia, sino a tre pollici vicino all'altezza del pian terreno della piazza; poi sarà sormontato da tre altri filari pure di pietra di taglio di un piede d'altezza ciascuno, faciente lega, e propriamente tagliati nell'esterno e nell'interno, l'ultimo de' quali servirà di orlo, e questi tre filari saranno posti in cemento e legati con ramponi, come abbiam detto; di più i pozzi saranno muniti delle loro catene, pulegge e legname necessario tanto pel sopporto delle pulegge, quanto per la copertura, se ve ne ha bisogno.

PAVIMENTO DELLA PIAZZA.

Il pavimento della piazza sarà costrutto de' più grossi ciottoli che si potranno trovare, e sarà condotto regolarmente sopra un pendio eguale per facilitare lo scolo delle acque; si innalzerà a tale effetto il centro della

piazza di quattro piedi, come è stato detto, il che ascenderà a tre o quattro linee per tesa circa, e si procurerà non solo di collocare i condotti per le acque nel mezzo delle contrade, con un pendio di circa due pollici e mezzo per tesa, cominciando dal piede delle case fino ai detti condotti, ma ancora di dirigere il pendio della lunghezza secondo il pendio generale che si avrà dal centro della piazza sino ai bastioni. Questo pavimento sarà sopra un letto di sabbia alto otto pollici, poi ben battuto colla mezzeranga e strettamente unito.

Ecco press' a poco quanto riguarda la costruzione d'una piazza nuova, e il metodo che osservar devesi nel suo preventivo. Se si trovassero inoltre palafitte, chiuse, ed altre opere a farsi di cui non s'è ancora parlato, bisognerebbe inserirvele in un coll' altre da me già notate. Non ho parlato dei magazzini da polvere, perchè della lor costruzione abbiamo già tenuto sufficiente discorso nel Libro quarto.

Quanto alle perizie che si istituiscono annualmente pel mantenimento o la riparazione delle piazze, si segue comunemente l'ordine degli articoli dello stato della Corte, e si tratta ciascun articolo in particolare e definitivamente, senza sottoporsi alle divisioni già osservate nella precedente perizia, che non si hanno che nelle opere d' importanza. Per altro trovandosi nelle annuali perizie qualche cosa di nuovo da costruire, e che richiede una particolare attenzione, sarà utile cosa il farne uno specificato articolo, conformemente al dato modello, e mantenervi tutte le condizioni e formalità sino colle menome circostanze.

CONDIZIONI ELEMENTARI DEL PREVENTIVO

D'UN EDIFICIO CIVILE.

Sterro.

Segnati i muri dell'edificio, e rettificato il suo livellamento, si farà lo scavo delle terre dei fondamenti sopra quattro piedi circa di larghezza per l'alto, e tre pel basso, sino a tanto che siasi trovato un fermo e solido fondo, che sarà poi posto a giusto livello in tutta la sua estensione e assicurato, se fa bisogno, con panconi grossi tre a quattro pollici.

Muratura.

I fondamenti dei muri di facciata saranno grossi due piedi e mezzo, e saranno, non piantati contro terra, ma innalzati a piombo e parallelamente fra due linee, facendo paramento da ogni lato, poi saranno agguagliati di nuovo; il tutto posto in buona legatura e murato con buon pietrame e calcina composta d'un terzo di calce misurata viva, e due terzi di sabbia; al di sopra di questi fondamenti e cogli stessi materiali si innalzeranno i muri di facciata su due piedi di grossezza, non compreso lo sporto del basamento, fuor del nudo del quale sarà fatto risega di tre pollici all'esterno e di due all'interno, e questi muri saranno innalzati di undici piedi sino all'altezza della parte inferiore del plinto, che avrà un pollice di sporto ed otto di altezza.

Poi si innalzeranno i muri del primo piano di dieci piedi, al di sopra del plinto, e si avrà cura di far loro fare una risega d'un pollice pel davanti sull'appiombo de' muri inferiori (il che si eseguirà per egual modo al di sopra del plinto del secondo piano), e il loro vertice sarà terminato da un cornicione, ornato secondo il disegno, ben livellato, e costrutto di pietra di taglio, come pure il plinto, o di scelti mattoni, legati nel corpo del muro.

Tutti i muri di spartimento avranno due piedi di grossezza nei fondamenti, e saranno superiormente ridotti ad un piede e mezzo, osservando di dar pure loro tre pollici di risega da ciascun lato, e d'innalzarli con un po' di rastremazione, perchè si riducano a 16 pollici di grossezza al di sopra del primo piano, ed a 14 al di sopra del secondo; il tutto formato al pari dei muri di facciata, con pietrame e calcina composta come abbiam detto; di intonacati e imbianchiti da due parti.

I muri di tramezzo, come pure le ale e facciate degli abbaini saranno di mattoni cioè, le facciate sopra 18 pollici di grossezza, e le ali e i tramezzi sopra 6 pollici soltanto. I posfuochi dei grandi cammini saranno pur fatti di mattoni sopra 9 piedi di altezza, e quelli degli ordinarj sopra quattro soltanto con un pollice di rastremazione per ogni piede. Le capanne, e i

tramezzi dei cammini, saranno pure costruiti grossi quanto un mattone; e i tubi avranno tre piedi e mezzo di lunghezza sopra 10 ed 11 pollici di larghezza, e trepiedi d'altezza al di sopra del comignolo, il tutto ben legato ed intonacato da ogni parte.

PIETRA DI TAGLIO.

Gli angoli degli edificj saranno muniti di pietre di taglio scelte nella miglior cava del paese, non guaste dal gelo nè filtrose, poste in buona legatura per filare d'un piede d'altezza, sopra 16 a 18 pollici di letto, aventi le commessure di squadro con morse di 6 pollici da ciascun lato. Gli angoli dei plinti e del cornicione saranno della stessa pietra, come pure i piedritti delle grandi porte d'ingresso e loro chiusure, che legheranno una pietra fra due, la più corta delle quali farà almeno 9 pollici di legame, e avrà un piede e mezzo di lunghezza in testa, ed un piede in risvolto dell'angolo. Le pietre dei piedritti che saranno di due pezzi, avranno le loro commessure bene squadrate, e le due pietre formeranno la grossezza del muro.

Si spazieranno le finestre ed altre porte secondo le misure del loro disegno; le loro chiusure saranno costrutte in pietra di taglio o mattoni, come pure i piedritti con soglia o appoggio di pietra dura in un sol pezzo, grosso sette pollici e largo dieci. Dopo che sarà fatta un'impostatura al di sopra di queste porte e finestre per sollevare la piattabanda.

LEGNAME DEI TETTI.

L'ossatura dei tetti consisterà nei pezzi seguenti, in cui tutti i legni saranno bene squadrati e senza alburno, opportunamente tagliati e connessi gli uni agli altri a maschio e femmina ben incavigliati. 1.° Le gambe di forza dei tetti saranno ciascuna grosse 10 pollici sopra . . . . . di lunghezza; le staffe, grosse 10 pollici sopra . . . . di lunghezza; le travi che sostengono i monachi 10 a 12 sopra . . . .; i travicelli che sostengono queste travi, 8 a 10 pollici sopra . . . , e le piattaforme sul cornicione 4 a 12 pollici di grossezza, il tutto di quercia. Il resto dell'ossatura sarà di abete.

2.° I puntoni avranno . . . . di lunghezza sopra 8 a 9 pollici di grossezza; i monachi . . . . di lunghezza sopra 9 a 10 pollici; le correnti poseranno su le gambe di forza, e avranno le lunghezze necessarie sopra 7 ad 8 pollici di grossezza; i contraffissi . . . . di lunghezza sopra 7 ad 8 pollici di grossezza; i travicelli . . . . di lunghezza e 4 pollici di grossezza, i quali saranno d'un solo pezzo e spaziati ad un piede di distanza gli uni dagli altri, ben fermati sulle correnti e refilati.

Tutti i travicelli dei soffitti saranno posti ben a livello a due piedi di distanza l'uno dall'altro da mezzo a mezzo, e avranno . . . . di lunghezza sopra 8 a 9 pollici di grossezza. Le filarole sotto la soffitta del pian terreno avranno 4 a 5 pollici di grossezza e le lunghezze necessarie, e saranno spaziate di due piedi e mezzo da metà a metà. La trave che deve essere posta sui muri, avrà 12 piedi di larghezza sopra tre a quattro di grossezza. Gli stipiti dei tramezzi avranno 5 a 6 pollici di grossezza e saranno commessi in alto e in basso a maschio e femmina nelle piane, grossi da 6 a 7 pollici, e scotennati.

Tutti i legni delle scale saranno della stessa qualità, piallati, e colle modanature convenienti. I balaustri saranno dello stesso legno e lavorati al tornio o alla mano. I gradini massicci, scotennati con un mezzo cerchio sul davanti; i sostegni saranno grossi da 5 a 10 pollici; le colonne 5, gli appoggi e i travettini 3 a 5 pollici.

COPERTURA.

Si impiegheranno alle coperture soltanto delle tegole scelte e ben cotte. I panconcelli saranno di buon legno d'abete di filo dritto, senz'alburno, ben inchiodati sovra ogni travicello, e posti ad eguale distanza ed a livello.

LAVORI DI LEGNAME PEI SERRAMENTI.

I palchi al di sopra dei travicelli saranno fatti con tavole d'abete ben secco di un pollice e mezzo di grossezza, imbianchite dalla parte visibile, commesse a incavature ben refilate ed attaccate ai travi con tanti chiodi quanti saran necessarie per impedire loro di staccarsi.

Tutti i serramenti per finestre saranno alti 7 piedi e mezzo e larghi 4 piedi e 4 pollici. I telai fissi avranno due pollici di grossezza e saranno ornati di regoli rotondi su tutte le guide e le traverse. I telai d'invetriata avranno un pollice e mezzo di grossezza, e le imposte un pollice, il tutto di buona quercia ben secco e connesso, munito de' suoi ferramenti che consisteranno per ogni finestra in otto arpioni, ed otto gangheri, quattro paletti, quattro ramponi ed otto lastre opportunamente limate e poste in opera. Ogni finestra sarà munita di vetri bianchi posti in piombo o in mastice, sostenuti e fermati da verghette di ferro arrotondite, ben inchiodate ai telaj, e attaccate con buoni fermagli di piombo secondo l'uso.

Se si reputa necessario il por grate a queste finestre, si adopreranno dei regoli di ferro quadrato, grossi tre quarti di pollice, che entreranno di quattro pollici negli appoggi e saranno impiombati. Le porte comuni saranno pure di buona quercia ben secca, alte 6 piedi e mezzo, larga tre e grossa un pollice e mezzo, ben commesse, con chiave, incollate e fortificate alle estremità, munite di traverse di 5 a 6 pollici di altezza e d'una serratura a un giro e mezzo, che s'apre da due parti, all'uso di Francia, ben limata e pulita, come, pure le sue bandelle e i suoi arpioni, che saranno limati e bruniti, e d'una forza conveniente.

Le porte a due battenti saranno larghe ognuna quattro piedi e mezzo ed alte 7 ad 8, e saranno di legno di quercia d'un pollice e mezzo a due pollici di gossezza di commessura. Saranno incollate e fortificate come le precedenti, sulla larghezza e grossezza del legno; inoltre si muniranno di molle, catenacciuoli, spagnolette, serrature ed altri necessari ferramenti; il tutto ben limato e di sufficiente forza.

I grandi portoni avranno 9 piedi di larghezza sopra 12 a 13 di altezza; i loro battenti saranno grossi 4 pollici e larghi 8 a 9; i telaj 3 pollici le cornici quattro, e le lastre un pollice e mezzo.

I travicelli dei plafoni e lati delle camere saran fatti di buona quer-

cia o d'abete ben secco a grandi tavole riunite, incollate e ben assodate nei muri, ben imbiancate soltanto dal lato visibile, e coperte di orli su tutte le commissure.

Le condizioni di questo sunto possono applicarsi alle caserme, padiglioni, arsenali, locali dello stato maggiore ed altri, cangiando solo quello che potrà indurre qualche differenza, tanto nella decorazione che nella pietra di tagli e nella qualità dei materiali, cose tutte arbitrarie, secondo i luoghi, la destinazione e la spesa che si crederà opportuno di farvi.

Della forma delle aggiudicazioni; formalità che vi si osservano, e stile in cui son concepite.

Stabilito il preventivo, e assegnata una parte dei fondi, l'intendente della provincia fa pubblicare e attaccare in tutti i luoghi del suo dipartimento, ed anche nelle vicine provincie, che nel tal giorno nominato saranno resi ostensibili in casa sua, e a lui dinanzi, i capitoli dell'aggiudicazione delle opere da farsi per la costruzione della nuova piazza, ove saranno ammessi tutti quelli che vorranno assumere questa impresa, con idoneo e sufficiente avallo, ed alla migliore offerta.

Giunto il giorno, l'intendente accompagnato dal direttore delle fortificazioni ed altri riuniti a tal fine, fa leggere ad alta voce il preventivo tutto intero, perchè gli aspiranti all'impresa possano essere informati della natura delle opere che si vogliono costruire, e delle condizioni cui si devono sottoporre; dopo di che cominciano le diverse offerte degli appaltatori, specie d'opera per specie d'opera, che si inscrivono a misura che si fanno. Poi quando non v'ha più alcun ribasso, si accendono tre candele di cera consecutive, nella durata delle quali un altro appaltatore può di nuovo essere ammesso a far altri ribassi; e finalmente spente queste, l'impresa è aggiudicata a colui che ha fatto la migliore proposta, e si intavola un processo verbale, press'a poco nei seguenti termini.

Oggi, giorno . . . . del mese di . . . . dell'anno . . . noi . . . (nome e qualità dell'intendente della provincia), nel nostro palazzo a . . . (nome della città), dopo parecchi affissi e pubblicazioni, fatte tanto nella detta città che nelle altre piazze della provincia, colle quali avvertivamo come nel detto giorno sarebbesi da noi proceduto alla aggiudicazione al miglior offerente delle opere ordinate dal re per la costruzione d'una nuova piazza a . . . (nome del luogo in cui si deve fortificare) secondo i disegni del signor . . . . abbiamo proceduto alla presenza e per avviso del sig. . . . Ingegnere, direttore delle fortificazioni delle nominate piazze, alle clausole e condizioni del seguente tenore.

Perizia delle opere ec. (Si copia qui la perizia tutta intera nella forma prescritta, dopo di che si continua il processo verbale nel modo seguente).

Gli appaltatori, accettando le condizioni della perizia seguente, si forniranno di tutti i materiali, operaj, traini, palchi, ponti, tavole, strumenti macchine e cordaggi, e generalmente di tutte le cose necessarie alla esecuzione della loro impresa; faranno pure a loro spese i necessarii aggottamenti, e dovranno un anno dopo la costruzion della piazza ripassare tutte le commessure della muratura con buona calcina di calce e sabbia, senza che possono pretendere altro compenso per parte di Sua Maestà, che i prezzi

portati dall'aggiudicazione che ne sarà fatta, osservando che nessuna terra sia misurata due volte; all'eccezione però di quelle che saranno passate allo staccio e delle terre dolci che saranno poste in disparte, per formare i parapetti di cui si terrà conto pel secondo trasporto; si osserverà ancora che nessun riporto sia misurato, nè alcun vuoto nel cubo della muratura. Saranno per soprappiù le dette opere eseguite con la maggiore possibile diligenza, assoggettate ai collaudi, secondo la solita maniera, e guarentite un anno dopo essere state approvate dagli ingegneri incaricati.

Con questi prezzi gli appaltatori saranno esenti da ogni guardia, da ogni lavoro forzato, da ogni alloggiamento militare, e sarà loro permesso di far tagliare le piote di cui avranno bisogno, nelle praterie o vecchi pascoli più opportuni, che saranno indicati dal nostro sottodelegato o dai magistrati del luogo, e dall'ingegnere in capo della piazza, senza che i sopraddetti appaltatori debbano compenso alcuno ai proprietarj delle terre. (Se la piazza è ben frontiera, e siasi in tempo di guerra, potrà aggiungersi che saran date agli appaltatori le scorte necessarie per la conservazione delle bestie o buoi adoperati al trasporto de' materiali per la costruzione delle opere. Che se i detti cavalli o buoi, venissero presi colle scorte dal nemico, sia di truppe regolari o no, trasportando i materiali, l'appaltatore ne sarà compensato al giusto valore. Quanto al caso che l'appaltatore, o suoi commessi, sien fatti prigionieri dai nemici, servendo il re, il loro riscatto sarà pagato da Sua Maestà).

E dopo fatta la lettura della perizia ad alta e intelligibile voce, sicchè tutti gli aspiranti all'appalto, possano intendere, si stabilisce il prezzo delle dette opere, cioè:

La tesa cubica di muratura grossa dal Signor . . . a 30 lire; dal Signor . . . a 25, dal Signor . . . a 22 lire; e dal Signor . . . a 20 lire.

La tesa cubica di terre ecc. (E così di seguito, notando ogni specie d'opera diversa, senza dimenticarne alcuna se è possibile, per evitar poi ogni contrasto, e specificando ad ogni articolo tutte le offerte che saranno state fatte, in ordine, e terminando con l'ultima con la minore).

Si son poi fatte accendere tre candele successive, per vedere se nella loro durata, alcun altro degli aspiranti volesse fare qualche ribasso; ma essendosi estinte, ed essendosi poste tre altre di bel nuovo nei giorni successivi, senza che nessuno proponesse maggiore ribasso alle dette opere del Signor . . . Noi coll'avviso del Signor . . . direttore, e col beneplacito di Sua Maestà, gli abbiamo aggiudicati e aggiudichiamo le dette opere, col patto però di dar buona cauzione, cioè:

Al detto Signor . . . . la tesa cubica di muratura a 20 lire.

La tesa cubica delle terre, ecc. (Ripetendo qui di seguito tutte le singole offerte dell'appaltatore).

I quali prezzi saranno pagati all'appaltatore dall'erario di Sua Maestà sui fondi fatti e da farsi per le opere suddette, di mano in mano che progrediscono, e sui biglietti dell'ingegnere che avrà la condotta principale. Fatto a . . . giorno ed anno sopraindicati, *firmato* l'intendente, il direttore e l'intraprenditore.

Ed all'istante il Signor . . . . ne ha presentato per cauzione la persona di . . . . abitante a . . . . che tanto in questa qualità, quanto in quella di socio si è obbligato e si obbliga solidariamente e negli stessi del detto appaltatore.

Fatto il giorno ed anno sopraddetti. Firmati l'intendente della provincia e la sicurtà.

Quanto alla condotta che gl' Ingegneri tener devono cogli appaltatori, bisogna prima di tutto persuadersi, che siccome le imprese non si fanno che per amor di guadagno, è necessaria tutta la cautela per impedire gli inconvenienti e la negligenza nei lavori. E però ad ovviarli non deve l'ingegnere risparmiar cura o fatica perchè tutte le cose regolarmente procedano e deve essere per quanto gli è possibile presente a quanto si eseguisce. La muratura soprattutto esige la sua continua presenza, come pure la fabbrica della calcina, la scelta e l'impiego delle pietre; non bisogna avere indulgenza di sorta a tale proposito, chè gli operai vanno con troppa trascuratezza senz'altro. Devesi pure osservare molta regolarità nei registri, nelle Note e non dimenticare di tener conto della grossezza dei legni prima che l'opera si eseguisca, acciò l'intraprenditore non abusi della condiscendenza di lasciarglielo adoperare a sua volontà, nè moltiplichi fuor di proposito le centinaja di travicelli; abuso che non è più piccolo e spesse volte meno pregiudizievole all'opera, di quello di adoperar legni troppo deboli; così dicasi dei ferramenti e d'altre cose che troppo sarebbe lungo lo enumerare.

D'altra parte poi non bisogna essere nè sospettoso nè inquieto fuor di proposito; il vantaggio del servigio vuol che l'appaltatore s'adoperi e nulla risparmi per la buona riescita delle opere; ma vuole altresì che lo stesso intraprenditore trovi, ben lavorando, un compenso alle spese ed alle fatiche sofferte. Se per altro egli ha fatto un cattivo contratto, o nel periodo del lavoro gli accadono inevitabili sinistri, l'ingegnere non deve immischiarvisi: l'appaltatore si dirige alla Corte, com'è più volte accaduto; e purchè lo meriti, egli è certo di trovare nella pietà del re un compenso alle sue perdite. Ma si risparmino le tantafere troppo omai comuni a questi signori. Un ingegnere che sa il mestier suo, vede di leggieri quanto è giusto e ragionevole a farsi, e per poco che voglia addentrarsi nelle particolarità d'una cosa, conosce a qual partito debba appigliarsi.

Si domanda se convenga più aver che fare con un solo intraprenditor generale che con parecchi incaricati di diverse specie d' opere. Può convenir l' uno e l'altro, siccome qualche volta accade; per altro è meglio che un solo ne sia incaricato, e parecchie ragioni sembrano venire in appoggio a questo mio avviso.

1.° Quando tutto è riunito nella stessa persona, il lavoro si fa meglio, e si hanno minori discussioni e sotterfugi.

2.° Gli interessi del re van meno a rischio d'essere danneggiati.

3.° L'appaltator generale trova sempre egli stesso genti solvibili e capaci con cui fare degli altri sotto contratti, e finalmante nelle diverse manovre che accadono, si sa addirittura a chi indirizzarsi senza essere esposto agli inconvenienti che nascono sovente, quando parecchi intraprenditori vi si frammischiano: così non v' ha luogo ad esitar nella scelta, e si usa anche in una grande impresa di dar tutto a quello che è incaricato delle opere maggiori.

Perizie e condizioni che osserveranno gli appaltatori delle caserme che si sono ordinate a Bethune.

I.

Terre.

Le terre pei fondamenti saranno tolte e collocate nei luoghi indicati, conformemente ai livellamenti e alle paline d'altezza che saranno date, per alzare il terreno di tanto quanto sarà giudicato conveniente dall'ingegnere direttore o dal capo, ad empiere i fori, a porre a livello le strade che vi comunicano, per rendere il terreno ben unito, coi pendii d'acqua necessarii, osservando di disporle ed innalzarle per letti in tutta l'estensione che dovranno occupare, e batterle con mazzeranghe; e se ve ne son di troppo, l'appaltatore le farà portare fuori di città ai luoghi che gli saranno indicati; e quando se ne troveranno di mal collocate, sarà obbligato di toglierle e riporle altrove a sue spese.

Queste terre saranno misurate e ridotte alla tesa cubica nei luoghi dello sterro, e pagate ai prezzi dell'aggiudicazione.

II.

Muratura dei fondamenti.

Fatta la escavazione ad una sufficiente profondità, e riconosciutosi il fondo buono dall'ingegnere, questo sarà agguagliato ben a livello; verificati i livellamenti, si comincierà la muratura in grosso pietrame sino ad un piede al di sotto del pian terreno, la quale avrà di larghezza, cioè il muro laterale che guarda la città e la parte di muro di facciata che guarda il bastione dai due lati che devono rinforzare le volte delle stalle, 5 piedi 8 pollici sino alla prima risega, 5 piedi e 4 pollici per la seconda, e 5 piedi in muratura netta.

Il muro laterale che guarda il castello, 3 piedi e 4 pollici sino alla prima risega, 3 piedi per la seconda, e 2 piedi e 8 pollici in muratura netta.

Que' muri divisorii che devono contenere i cammini, e lo spartimento che attraversa per lungo le stalle nella metà dell'edificio al quartier dei soldati, 3 piedi sino alla prima risega, 2 piedi otto pollici per la seconda, e due piedi e quattro pollici o tre mattoni e mezzo di otto pollici in muratura netta.

I dieci contrafforti dei cinque angoli di cinque piedi sino alla prima risega, quattro piedi, otto pollici per la seconda, e quattro piedi e quattro pollici in muratura netta.

Gli altri muri che formano la gabbia delle due scale, di due piedi e quattro pollici sino alla prima risega, due piedi per la seconda, ed un piede e otto pollici in muratura netta.

Il muro di scala al quartiere dei soldati, d' un piede e otto pollici sino alla prima risega, un piede e quattro pollici per la seconda, ed un piede od un mattone e mezzo in muratura netta.

I due muri di spartimento pel corridoio al quartiere degli ufficiali, due piedi sino alla prima risega, un piede ed otto pollici per la seconda, ed un piede e quattro pollici in muratura netta.

Il muro che separa il quartiere degli ufficiali da quello dei soldati, due piedi sino alla prima risega, un piede ed otto pollici per la seconda, ed un piede e quattro pollici, o due mattoni in muratura netta.

E l' altro muro attraversante le due ultime stalle, di tre piedi sino alla prima risega, due piedi ed otto pollici per la seconda, e tre mattoni e mezzo in muratura netta.

Le parti che si troveranno più basse di sei a sette piedi avranno un aumento di grossezza, in ragione di 4 pollici per risega su due piedi e mezzo di altezza: se si trovasse della sabbia bollente, si adopererà molta diligenza nello scoprire i fondamenti, dando loro tutta la grossezza che si crederà necessaria, e che sarà sempre ridotta in netta muratura alle grossezze sopraddette, sino alla soffitta del primo piano.

I muri delle latrine saranno costruiti nello stesso modo degli altri.

Poi, innalzate tre file di mattoni ben a livello, facendo catena su tutta la grossezza di questi muri, e verificati di nuovo gli angoli e i livellamenti, si poserà un filare di grès, che servirà di base all'esterno, il quale avrà tre piedi di altezza, ove si lascierà una stria di due pollici che formerà una risega.

Lo stesso filare di grès sarà continuato nell'interno delle stalle per la conservazione de' muri; lo stesso dicasi dei pilastri degli angoli o canti del pianterreno che faranno un avancorpo di due pollici d' aggetto; dei piedritti o pilastrini delle finestre o porte che saranno innalzati sino all' altezza di sette piedi, colle solite strombature.

Gli appoggi delle finestre, le soglie delle porte all'esterno, i primi gradini saranno pure di grès d' una pietra sola, il tutto opportunamente preparato; i gradini della scala, al quartiere dei soldati, pure d' una pietra sola, saranno sgreggiati e posti in opera a commessure quadrate; essi avranno 12 pollici di larghezza sopra sei d'altezza e quattro piedi e due pollici di lunghezza totale circa, senza difetti nè vizj, dopo di che si compiranno nello stesso modo; gli angoli, le porte, le finestre, i cordoni a ciascun piano, i cornicioni, i capi di condotti dei cammini al di sopra dei tetti, in pietre bianche, ec. ec.

Il resto della muratura sarà di mattoni dopo i filari di grès, come pure le volte delle stalle e quelle delle scale al quartier dei soldati.

Bisognerà esattamente tener conto della distribuzione delle camere e stalle, e delle decorazioni, secondo i disegni, le piante e i profili che saranno dati all'appaltatore; cioè al primo piano, il muro laterale e la parte di muro di facciata che barbacaneranno da due parti le volte delle stalle, saranno ridotti alla stessa grossezza, diminuendo tutti come pure gli altri muri della stessa natura d' un mezzo mattone, sicchè i due laterali avranno

soltanto due piedi, quattro pollici, o tre mattoni e mezzo di grossezza, i muri di facciata due piedi o tre mattoni al di sopra dei cordoni all'alloggiamento degli ufficiali, e a quello dei soldati al di sopra delle volte delle stalle: i muri che formano la gabbia delle scale, e quelli che separano i due alloggiamenti, saranno ridotti ad un piede o un mattone e mezzo dal primo piano sino alla loro altezza totale.

I muri di spartimento che contengono i cammini, che saranno deviati l'uno dall'altro nella grossezza dei muri dal basso in alto, non possono rastremarsi.

. Tutti gli altri muri diminuiranno di quattro pollici a ciascun piano.

L'edificio delle latrine sarà nello stesso modo costruito, e delle stesse dimensioni del muro di facciata, le cui volte a tutto sesto avranno le aperture necessarie pel passaggio delle materie, il fondo pavimentato di *gres*, con un scarico nel fiume.

Le camere del pian terreno avranno 11 piedi di altezza, le altre dei piani superiori 10, non compresa la grossezza dei soffitti; i solaj avranno pure dieci piedi d'altezza sino alle loro asticciuole, i quali palchi saranno conformati in modo che l'appoggio delle finestre e il cornicione si trovino alti tre piedi al di sopra tutt'al più.

I muri dell'interno in generale saranno perfettamente a piombo; e quelli di facciata avranno un pollice e mezzo di rastremazione all'esterno.

Qualità dei materiali.

I materiali per siffatte costruzioni saranno buoni, scelti, ben formati a seconda dell'ordinario campione; i bianchi o grossi pietrami pei fondamenti, provenienti dalle cave di la Boussière o di Barloin, tolti almeno d'un anno in buona stagione: così dicasi dei *gres*, di cui le pietre colla larghezza apparente nei muri avranno 10 a 20 pollici di coda, spaziate da tre in tre piedi da mezzo a mezzo all'interno ed all'esterno alternativamente, e le altre, 10 a 12.

Le pietre di taglio pei pilastri degli angoli, i piedritti, le aperture, i cordoni, i cornicioni, le finestre dei solaj, e gli ornamenti dei capi di condotto dei cammini, saranno pure tolte d'un anno almeno ed in buona stagione, esposte prima alle ingiurie del verno, ben pulite, e propriamente spogliate dalle parti tenere sino al vivo, sicchè non vi restino vene gialle, opportunamente tagliate, secondo i modelli e i disegni che indicheranno pure gli aggetti che dovranno avere.

I mattoni saranno tutti dello stesso solito campione, ben cotti e ben formati, posti in bagno di malta, come pure le pietre di taglio, avendo cura di collocarli nel loro letto, come pure i grès, per filari eguali di livello e a scacchi, bene e debitamente sfregati, e impiastricciati di malta nelle commessure, a misura che il lavoro progredirà, osservando di ben accoppiarli, principalmente le pietre di taglio e di grès che si commetteranno a tenacissima malta.

Nei grandi calori estivi si avrà cura di bagnare ogni mattone perchè prenda la calcina.

L'appaltatore non comincerà a lavorare in tutte queste opere, se l'ingegnere non gli avrà somministrato quanto, per parte di lui, gli sarà necessario.

Questa muratura sarà misurata e ridotta alla tesa cubica pei fondamenti, e quella al di sopra alla tesa quadrata d'un mattone di grossezza, secondo l'uso del luogo, misurata tanto a pieno che a vuoto, senza diminuir alcun che delle aperture.

Le pietre di grès contate al centinajo di piedi quadrati, misurate dal paramento, visto dalla parte del taglio come le pietre bianche.

Gli appoggi delle finestre e i gradini al pezzo, posti in opera, e su le norme della aggiudicazione.

III.

La calcina che si adoprerà per tutte queste murature, sarà composta d'un terzo di calce viva di buona qualità e cottura senza biscotto, e non sventata, bene spenta e di due terzi di sabbia pura della migliore dei dintorni, scricchiolante alla mano; ne saranno unite le dosi alla presenza dell' ingegnere, e non verrà adoperata che tre giorni almeno dopo che sarà stata ben battuta, rimestata e in modo che non possa più distinguersi la calce dalla sabbia; e che l'una e l'altra insiem mescolate facciano un solo corpo.

Quella che si adopera per i grès nei paramenti, angoli ed altri luoghi, sarà composta d'un terzo di calce viva e due terzi di buona cenere, formata come è stato detto, non ponendovi l'acqua che una volta sola: poi, rifatta pei parecchi giorni, sarà adoperata più fresca che si potrà.

IV.

Il grès del pavimento per la strada che mette a queste caserme, per la fascia che si fa girare tutto all'intorno, pei corsi ecc. sarà della migliore qualità; avrà sei a sette pollici di testa sopra 8 a 9 di coda, di figura quasi cubica, e gli orli di 18 pollici sopra 8 a 9 di larghezza e almeno 12 di lunghezza, saranno pure squadrati alle estremità.

Questo grès si porrà a scacchi, ben combaciato, in filari eguali sopra un letto di sabbia alto 9 pollici, battuto a rifiuto di maglio, tenendo conto dei pendii che saranno determinati.

Lo stesso si praticherà pel pavimento da costruirsi, e sarà misurato alla tesa quadrata, e pagato al prezzo dell'aggiudicazione.

Tutte le ossature dei tetti che si dovranno fare per la costruzione di queste caserme, saranno eseguite a norma della qui unita memoria, e dei disegni che verranno dati all'appaltatore per le lunghezze, foggie e collocazione dei legni, ch'ei seguirà appuntino, senza poter nulla cambiare; tutti i quali legni saranno ben sani e secchi, tagliati di due anni almeno, ed abbattuti in buona stagione a vivo spigolo, all'eccezione dei sommieri ai quali si potranno lasciare due piccole atrie d'un pollice e mezzo agli angoli del di sotto, posandoli sempre in coltello; saranno senz'alburno, nè difetti, nè cattivi nodi, saranno collocati in opera, commessi a maschio e femmina, con tutta l'esattezza, la solidità e la proprietà possibile, e ben incavigliati; e nel caso che l'appaltatore voglia adoperare dei pezzi più grossi saranno misurati secondo i suddetti disegni e le memorie.

L'appaltatore sarà obbligato di fare a tutti i gradini massicci della scala al quartiere degli officiali un astragalo con una modanatura rientrante di due pollici, e far pure tornire i travettini che saranno adoperati.

I primi sostegni delle due scale allo stesso luogo saranno collocati sopra un gradino massiccio di lunghezza e grossezza sufficiente per essere arrotonditi all' esterno; in tutti i quai sostegni in generale saranno commessi questi gradini, e non avranno altro ornamento che lo spigolo inferiore arrotondito tra due piccole modanature.

V.

MEMORIA PER SERVIRE ALLA DISTRIBUZIONE DEI LEGNI ADOPERATI NELLE CASERME DI SAINT-JOR.

LEGNI DEL PIAN TERRENO.

Sopporti posti in opera nei muri per reggere le mangiatoie delle stalle . . . . Grossezze	8 e	4
Idem, quelli del di sotto delle mangiatoie . . . . . »	6,	4
Idem, quelli per le rastrelliere . . . . . . »	4,	4
I pezzi di legni, incastrati nei muri delle otto camere degli officiali per servire di portamantelli . . . . »	6,	4
I panconi al di sopra delle porte, indentro. . . . . »	10,	4
Quelli delle finestre pure all' indentro . . . . . . »	27,	4

PRIMO PIANO.

Otto sommieri delle camere degli ufficiali . . . . . »	12,	10
I cuscinetti sotto questi sommieri . . . . . . »	6,	4
Travicelli delle camere degli ufficiali e quelli del corridojo »	6,	4
Gli altri travicelli che portano i pilastrini dei cammini . »	8,	6
Corsi di piattaforme per servir di tiranti alle àncore nei muri di ciascun piano . . . . »	6,	4
I pezzi di legno incastrati nei muri dei due quartieri a ciascun piano per servire di portamantelli . . . . . . »	6,	4
I panconi al di sopra delle porte all' indentro . . . . »	9,	4
Quelli al di sopra delle finestre dei due muri laterali. . . »	17,	4
Gli appoggi delle medesime . . . . »	6,	4
Panconi al di sopra delle altre finestre . . . . . . »	11,	4
Gli appoggi delle medesime . . . . »	6,	4
Pezzi di legno che attraversano i muri divisorj, per sopportare sui pilastrini le centine dei cammini e tenere le intelajature . . . . »	4,	4
Telaj delle porte all' alloggiamento dei soldati . . . . »	14,	6

SECONDO PIANO.

Otto sommieri all' alloggiamento degli officiali e nove a quello dei soldati . . . . »	12,	10
Tre altri nella prima camera attigua alla cisterna, e quella in angolo che la segue . . . . »	14,	12

Cuscinetti per le medesime . . . . . . Grossezze 6, 4
Travicelli per le scale all'alloggiamento degli ufficiali, e quelli che portano i pilastrini dei cammini ai due quartieri . . » 8, 6
Altri travicelli dei soffitti dei due quartieri . . . . » 6, 4
Pezzi attraversanti i muri di spartimento per portar le centine dei cammini ai due quartieri . . . . » 4, 4
Telaj delle porte al quartier dei soldati . . . . . » 14, 6
Panconi per l'interno e l'esterno delle finestre dei muri laterali . . . . » 13, 4
Quelli degli appoggi delle medesime. . . . . . » 6, 4
Panconi per la parte superiore nell'interno delle altre finestre » 8, 4
Appoggi delle medesime . . . . » 6, 4
Panconi della parte superiore delle porte delle camere degli ufficiali nell'interno . . . . » 6, 4

TERZO PIANO.

Gli otto sommieri dell'alloggiamento degli officiali, e quattro alle camere dal lato del muro laterale che guarda la città, a quello dei soldati . . . . » 12, 10
Diciotto altri sommieri per le camere superiori ed altri lungo la facciata che guarda il bastione, e quelli che sostengono il Mansarde » 14, 12
I cuscinetti in generale . . . . » 6, 4
I travicelli per le scale . . . . » 8, 6
Quelli per portare i pilastrini ai cammini ai due alloggiamenti » 8, 6
Gli altri per le soffitta dei due quartieri . . . . . » 6, 4
I travicelli attraversanti i muri per portare le capanne dei cammini dei due quartieri . . . . » 4, 4
I telai delle porte al quartier dei soldati . . . . . » 14, 6

IL TETTO E I SOFFITTI SUPERIORI.

Corso di travicelli per le filarole. . . . . . . » 12, 6
Assicciuole per gli angoli . . . . » 10, 8
Le gambe di forza, puntoni, le asticciuole (1), quelle delle groppe, le assicciuole, gli spigoli sugli angoli del falso tetto, sulle filarole, i travetti delle scale dei due alloggiamenti, quelli posti lungo i capi dei condotti dei cammini e che portano le soffitta dei due alloggiamenti . . . . » 7, 6
Corsi delle correnti . . . . » 10, 4
Corsi d'altre correnti sul cornicione . . . . » 6, 4
Traverse formanti le croci di S. Andrea tra i comignoli o sottocomignoli, i legami delle capriate ed altre, le piattaforme o cuscinetti per tutti i travi che poggiano sui muri . . » 6, 4

(1) Le asticciuole poggiano sui due muri del corridojo, perchè altrimenti sarebbe necessaria una grossezza maggiore.

Travi alle finestre del terzo piano . . .	Grossezze	8, 4
I montanti, le piccole correnti e gli appoggi delle piccole finestre de' solaj	»	6, 4
Centine che si fanno davanti alle medesime	»	10, 4
I due telaj delle porte de' solaj sotto il falso tetto . .	»	9, 5

DUE SCALE ALL' ALLOGGIAMENTO DEGLI UFFICIALI.

I sostegni e le biette sotto i due primi sostegni . .	»	10, 5
Centosessantaquattro gradini massicci tagliati in triangolo rettangolo, ridotti a	»	13, 4
Sedici travetti, attraversanti la gabbia delle scale al luogo dei pianerottoli, ed all'alto di ciascun piano, per portare e appoggiare i sostegni.	»	10, 8
Trentadue grandi travi.	»	5, 5
Duecento otto travetti torniti, compresi quelli innanzi alle finestre.	»	4, 4
Corsi d'appoggio delle scale e al davanti delle finestre .	»	5, 4
Le soglie davanti alle stesse finestre per portare i travetti.	»	5, 4
Traverse dei pianerottoli ed altri.	»	6, 4

LEGNI D' OLMO AL QUARTO PIANO ED AL TETTO.

I travicelli delle camere dei due alloggiamenti e dei corridoj	»	6, 4
Le piane, le assicciuole delle finestre del terzo piano e quelle degli abbaini.	»	4, 3
Listelli alle stesse finestre	»	3, 2

Questi legnami saranno misurati per essere ridotti al centinajo di travetti ordinarj, e pagati, cioè il legno di quercia ordinaria ad un prezzo, quello dei sommieri di dieci pollici di squadratura ed al di sopra, ad un altro, a cagione delle loro lunghezze e grossezze, e il legno d'olmo dei tetti pure ad un prezzo particolare; le rastrelliere delle stalle, come quelle delle caserme di Saint-Prix alla tesa corrente, e l'appaltatore sarà tenuto a tutti i soliti ornamenti del legname pei tetti, e alla rifazione di tutte le aperture nei muri, e atterramenti, che sarà costretto di fare sopra luogo.

VI.

Le soffitte delle mangiatoje nelle stalle, quelle delle camere, delle grandi porte d'ingresso, di quelle delle stalle ec., saranno di buone tavole d'un pollice di grossezza, ben secche, senza difetti nè nodi viziosi, poste pel lungo, acciochè le estremità delle due tavole coprano la loro linea di commessura sulla metà d'un travetto, accoppiate e piallate da due parti se fa bisogno, commesse a linguetta per le porte e a commessure coperte d'un quarto di pollice almeno pei palchi, attaccata ognuna con buoni chiodi sopra i travetti convenientemente lunghi e profondamente addentrati.

Quest'opera sarà pagata a tesa quadrata, la quercia nnova ad nn prezzo, e il legno bianco ad un altro, i chiodi, le caviglie, e in generale tutto quanto ne dipenderà.

VII.

I lavori dei legnami pei serramenti che consisteranno particolarmente in trentadne porte all'alloggiamento degli ufficiali, le impiallacciature dei cammini allo stesso luogo, novantaquattro serramenti di finestre ai due quartieri, gli armadii ec. saranno d'un legno di quercia scelto, buono e ben secco, di cinque anni almeno, e delle qualità indicate all'Articolo V della Carpenteria, il tutto eseguito conformemente ai disegni; saranno pagati al pezzo le porte delle camere degli ufficiali ad un prezzo, quelle delle stalle e camere dei soldati ad un altro, le finestre ad un altro, le impiallacciature di cammino pure al pezzo ed il resto alla tesa quadrata.

VIII.

I plafoni dei solaj saranno fatti di piane di quercia, solidamente inchiodate ai travicelli, sui quali si applicheranno due strati di malta; il primo composto d'argilla con un ottavo di calce viva e con borra, il secondo sarà di calce bene spenta e di borra, e in quantità sufficiente, il tutto misto insieme, osservando di fare queste calcine tre o quattro giorni prima di adoperarle, e mettere il secondo strato dopo che il primo sarà conosciuto sufficientemente secco, senza esserlo troppo, perchè ambedue leghino insieme.

Questo secondo strato sarà esattamente lisciato colla cazzuola, sino a tanto che non possa fendersi, per essere lavato poi due volte colla spazzola, d'un latte di calce viva misto con altre opportune sostanze.

Questa opera sarà misurata e pagata alla tesa quadrata, tutto compreso.

Gli intonachi delle camere ed altri locali saranno eseguiti colle stesse calcine e nello stesso modo dei precedenti, badando di ben bagnare i paramenti pel primo strato.

Saranno pure pagati alla tesa quadrata.

IX.

I quadrelli di terra, che si adopreranno nelle camere, saranno buoni, ben cotti e della stessa forma, di cinque a sei pollici in quadrato; saranno posati sopra una forma di terra grassa di circa un mezzo pollice di grossezza in linea retta ed a scacchi, sopra uno strato di malta eguale a quello delle murature, ben a livello, per essere poi misurati e pagati alla tesa quadrata.

X.

La copertura d'ardesia d'Inghilterra sarà buona, nera, lucente e soda, tagliata su tre lati, bene accoppiata, per essere posta a un terzo di parte scoperta o della sua altezza di livellamento, a commessure coperte, fissata con tre buoni chiodi, sopra un tavolato di legno bianco d'un

pollice di grossezza, e delle qualità ricordate agli articoli V e VI, le quali tavole saranno ben livellate per essere commesse insieme senza intervalli, attaccate a tre chiodi sopra ogni travicello.

L'appaltatore sarà pagato alla tesa quadrata, compreso il palco e tutte le somministrazioni, misurati tanto a pieno che a vuoto per le finestre ed altre aperture dei tetti, della qual cosa non potrà pretendere alcun compenso; e così per gli orli.

XI.

Le lastre di piombo per la copertura della sommità di queste caserme avranno una linea e un quarto di grossezza, sopra 18 pollici di larghezza, che formeranno 9 pollici da ciascun lato, fermate con uncinetti di ferro di quattro alla tesa, o di un piede e mezzo in un piede e mezzo di distanza: così dicasi delle lastre per la copertura delle finestre dei solaj, e di quelle che devono coprire o rivestire la parte superiore della muratura.

Il piombo della copertura degli abbaini avrà 15 pollici di larghezza sopra una linea di grossezza.

Quello delle doccette lungo i tetti e lungo il capo di condotti dei cammini, della stessa grossezza sopra nove pollici di larghezza.

Il piombo per rivestire i cordoni o l'incontro delle pendenze, avrà pure una linea di grossezza sopra 12 pollici di larghezza per ricoprire quattro pollici almeno del primo filare d'ardesia.

Il piombo dei saettili avrà pure una linea di grossezza sopra 12 pollici di larghezza.

Il piombo dei canali per ricevere le acque sotto il cornicione avrà 18 pollici di larghezza sopra una linea e mezza di grossezza, arrotonditi e coperti dicontro alle finestre del solajo per ripararle dalle lordure che i soldati vi potrebbero gettare; avranno un pollice di pendio per tesa, sostenuti da uncini di ferro di un piede e mezzo ad un piede e mezzo, per condurli sotto l'appiombo delle cisternette.

Il piombo dei gocciolatoj, sopra ai canali e il cornicione, avrà tre quarti di linea di grossezza.

Il piombo delle discese nelle cisterne e per le trombe, di tre pollici di diametro, sopra due linee di grossezza, sarà attaccato al muro con collari di ferro che possono aprirsi ad un bisogno.

Tutto il qual piombo sarà della miglior qualità che possa trovarsi, vero e di buon commercio, colato in tavole ben unite, saldato con stagno fino, al solito; sarà pesato al peso della città, e pagato al quintale, compresa la saldatura.

XII.

I ferramenti, di cui si distingueranno due sorta.

Il grosso ferro nuovo, comprende quello che sarà adoperato in grosse opere, come gli anelli nell'esterno che saranno posti nei muri di facciata, costruendo pel bisogno dei cavalieri, le cinque catene, che attraverseranno in lungo da un capo all'altro nelle dieci stalle all'altezza della nascita delle volte, cioè sui due muri di facciata, sul muro di spartimento e il mezzo delle stalle, quelle in largo sopra i cinque muri di tramezzo allo stesso quar-

tiere, e quelle delle due estremità; le quali catene avranno un pollice e mezzo in quadrato, assodate con mezzo mattone dei paramenti dei muri, con chiavi della stessa grossezza, di 4 e 5 piedi di lunghezza, ponendovi degli uncini forti, e ben saldati ad ognuna di queste catene, disposti in modo da riuscire alla metà di ciascun muro, e d'un cuneo lungo un piede con altri piccoli a ciascun luogo battuti fra due di questi uncinetti a forza con un gran martello, avendo cura di non fare questa ultima operazione che quando le murature delle parti superiori che li richiuderanno sieno state innalzate di 5 a 6 piedi, ed anche di più per meglio contenerli, e lasciare ad ogni commessura di questi uncinetti un intervallo sufficiente per battere questi grandi e piccoli cunei, sino a che si veda la catena sufficientemente tesa, essendo pericoloso lo spinger la cosa più oltre.

Le altre àncore, molle, fascie, o piattaforme a ciascun piano, in legno di quercia di cui abbiam parlato all'articolo V, arpioni, uncinetti, bandelle delle grandi porte, aste di fiori di giglio, e il resto che sarà di buona qualità, dolce pieghevole, non sfogliato, di grana fina, chiara, non fragile e ben lavorato, secondo le istruzioni che saranno date, e lodevolmente collocato in opera.

Il ferro alla lima e d'una grana più fina, più compatto e soggetto ad essere limato, dovrà essere lavorato e delle accennate qualità; consisterà in piccole chiavarde, chiavistelli a molle, bocchette, paletti, ed uncinetti; i ferramenti di trentadue porte delle camere d' officiali, composti ciascuno di due bandelle, una serratura ad un giro e mezzo colla chiave, munite diversamente le une delle altre, spagnolette per aprire e chiudere le trenta dei quartieri dei soldati pure diversamente munite, e quelle delle dieci porte delle stalle che saranno a un giro soltanto, avendo ognuna due grossi chiavistelli o paletti all' interno.

Le porte dei vestiboli avranno gli stessi ferramenti ma più forti, per meglio resistere, senza dimenticare un uncinetto a ciascun battente, per tenerle aperte.

I ferramenti delle finestre al quartiere degli officiali consisteranno in 6 bandelle a cerniere, due catenacci piatti, l'uno in alto più lungo che l'altro in basso, uncini e spagnoletta; quelli delle finestre del quartiere dei soldati e delle stalle saranno della stessa qualità: dei quali ferramenti di porte e di finestre si farà un modello, che ben esaminato ed approvato, servirà per l' aggiudicazione al pezzo di ognuno di questi ferramenti, che l' appaltatore sarà obbligato di mettere ove gli verrà indicato; somministrerà pure i chiodi necessarii a tal uopo, che verranno pesati col resto.

Queste due sorta di ferri saranno pesati ai pesi della città, e pagati al quintale, compresa ogni mano d' opera, ma a diversi prezzi, e tutti i ferramenti delle porte al pezzo, come pure quelli delle finestre, tutto compreso.

XIII.

I vetri per le finestre saranno di Francia ben bianchi ed uniti, senza paglia, nè striscc, posti in piombo tirato ad un terzo di pollice di grossezza per l'incastramento delle lastre, e per rimpiazzarle facilmente quando sien rotte, propriamente tagliati, secondo i disegni che si daranno.

Sarà misurato al piede quadrato di dodici pollici, comprese le verghe

di ferro, che l'appaltatore porrà ad ogni rango di lastre, in grossezza sufficiente per ben assodarle, e difenderle contro i più grandi sforzi del vento.

XIV.

La inverniciatura ad olio per le porte d' ingresso, quella delle stalle, le finestre all' esterno, gli abbaini di legno, ed il resto, sarà messo, a color di legno, a due strati, composti di bianco di cerusa, mista d'ocra gialla, o di quel colore che più converrà, misto con olio di lino, di cui il secondo strato non si sovrapporrà che quando il primo sia ben secco.

Quest'opera sarà misurata e pagata alla tesa quadrata.

I tre fiori di giglio ai quattro angoli e alla metà delle facciate saran di rame giallo, di quattro piedi e mezzo d'altezza, non compreso il globo che ne formerà la base; si eseguiranno secondo il disegno e conformemente al modello in cartone che ne sarà stato dato, ben fissi e inoltre inchiodati con chiodi pure di rame, ribaditi da una distanza all' altra, per essere poi dorati, e posti in un ago di ferro che li attraverserà da un capo all'altro, senza offendere il metallo, regolando la sua grossezza al vuoto del collo di questi fiori di giglio, il cui piede sarà inchiodato sul legno del tetto, e coperto dal piombo dei comignoli.

XV.

Condizioni Generali.

Gli appaltatori si conformeranno a termine del presente preventivo, e non potranno cominciare lavoro alcuno, di qualunque siasi natura, che non sia stato prima, livellato, disegnato e comandato dal Sig. . . . . direttore delle fortificazioni di questa provincia, o in assenza di lui dall' ingegnere in capo della piazza: e se per caso si trovassero nel corso del lavoro e dopo compito, alcuni inconvenienti per parte loro, saranno tenuti a rifarlo a proprie spese, senza poter pretendere alcun compenso; tutte le quali opere non gli saranno valutate che una volta soltanto, e pagate al prezzo dell' aggiudicazione che sarà stata fatta ogni anno.

Gli appaltatori si provvederanno, senza eccezione di tutti i materiali, utensili, palchi, centine di volte, ed altre cose necessarie per la intera e perfetta esecuzione della loro impresa, impiegando il numero d' uomini sufficiente, e che loro sarà comandato, per compire diligentemente il lavoro, perchè sia fatto in buona stagione; ed in caso di ritardo, ne sarà dato debito a loro, quanto si crederà necessario; seguiranno in tutto gli ordini che riceveranno, e i disegni che saranno dati loro, non adoperando che materiali condizionati, come è stato detto, che saranno soggetti a verificazione, e scartando quelli che non si troveranno delle qualità e dimensioni richieste nell' attual preventivo, e non potranno pretendere il loro intero e perfetto pagamento, che compiuta e collaudata l' opera, che essi guarentiranno per un anno, cominciando dal giorno del compimento; e per guarentigia e sicurezza dell'esecuzione e delle somme erariali che essi riceveranno a conto di mano in mano che il lavoro progredirà, daranno una buona e valida cauzione.

Se entro l'anno sarà necessaria qualch' opera non preveduta e straordinaria, gli appaltatori saranno costretti di farla allo stesso prezzo già prima stabilito per opere di tal natura; e viceversa se si trovasse a proposito di cambiare, levare o differire ad un altro anno alcune di quelle che saranno ordinate, gli appaltatori non potranno pretendere alcun compenso.

Faranno trasportare tutti i rottami provenienti dalle costruzioni od atterrazioni delle loro opere, ai luoghi loro indicati, e se qualche operaio per negligenza non ha compito il dover suo alla fine del mese del prossimo settembre, sarà condannato ad un'ammenda proporzionata al lavoro che gli venne addossato.

Ben inteso che, quantunque questo preventivo comprenda quanto deve entrare nella costruzione totale di tali caserme, non potrà servire a tal fine che per la consumazione dei fondi che saranno ordinati ogni anno.

Ogni appaltatore sarà obbligato a compensare i proprietarii, sui beni dei quali, prenderà o trasporterà i materiali, di buon accordo tra le parti, o secondo la stima che ne sarà fatta col mezzo di due periti nominati da una parte e dall'altra; e se accadono dispareri tra gli appaltatori o tra essi e le cauzioni, o tra altri che abbiano direttamente o indirettamente rapporto alla esecuzione delle opere, sui quali questo preventivo, non dia lumi sufficienti, si conformeranno, senza richiamo, a quanto verrà pronunciato dal direttore delle fortificazioni, o in sua assenza dall'ingegnere in capo; nè potranno senza il loro consenso subappaltare le opere nè prendere compagni.

Fatto a Bethune, il . . . . . D'Artezay ingegnere in capo.»

Quando si faranno dei preventivi, è cosa opportuna il vincolare gli appaltatori, con patti, più che sia possibile chiari e precisi, come abbiamo veduto nelle precedenti condizioni, per ovviare tutte le contestazioni, e gli inconvenienti che pur troppo accadono frequentemente.

PERIZIE PER LA COSTRUZIONE D'UN MAGAZZINO DA POLVERE SOLIDISSIMO DI VENTI TESE DI LUNGHEZZA SOPRA QUATTRO DI LARGHEZZA.

I.

Collocare per quanto sarà possibile il magazzino nel luogo più secco e più coperto, ed il meno esposto alla fronte degli attacchi, e le sue porte e finestre al vento d'occidente.

II.

Dopo che l'ingegnere in capo avrà distribuita la pianta, il profilo e la perizia agli appaltatori, e tracciato tutto l'interno dei muri, si disegnerà la larghezza dello scavo delle terre per la fondazione sino al buono, vivo e solido fondo, che supporremo qui di 6 piedi di profondità soltanto, e più o meno basso se è necessario, su la larghezza di otto piedi nel fondo pei fianchi maggiori, ben posti a livello, e le terre tagliate a piombo e riparate perchè non scorrano.

III.

In seguito si poseranno dei grossi pietrami con buoni letti e commessure a secco, e si murerà al di sopra con simile materia in buona malta, sino a 2 piedi e tre pollici d'altezza ben agguagliati di piede in piede, dopo di che si porrà al di sopra una catena di due filari di mattoni, attraversando tutta la larghezza del muro, di cui il secondo sarà in pietre sporgenti dalla parte della loro larghezza alle due estremità, e sul quale si farà risega di tre pollici da una parte e dall'altra; si comincierà ad innalzare ancora due piedi e tre pollici in pietrame, facendo paramento ben agguagliato ed a piombo tanto sulla parte anteriore che sulla posteriore, sicchè il compimento di tutta l'altezza dei sopraddetti sei piedi, come pure tutte le fondazioni, sia che abbiano maggiore o minore profondità, sieno terminati da cinque filari di mattoni, l'ultimo dei quali sarà di pietre colla larghezza in fuori per avere 9 pollici di risega sul davanti, tre alla parte posteriore e ridurre i muri dei lati maggiori a 7 piedi di grossezza.

IV.

Si fonderanno pure nello stesso tempo, ed egualmente basse, le pile di rinforzo e i muri di facciata, osservando tutte le buone disposizioni, legature e simmetrie già più sopra indicate; il tutto posto in buona malta comune, composta d'un terzo di calce spenta tutta forte, e di due terzi della miglior sabbia ben battuta, mescolata e rimescolata sicchè non faccia più che un solo corpo, e posta in opera soltanto ventiquattr'ore dopo.

V.

Le dette pile di rinforzo avranno ciascuna 4 piedi e 6 pollici di larghezza sopra 6 piedi, e 6 pollici di coda in fondazione, ridotti poi a 5 piedi e 6 pollici, e 4 piedi al nodo pei loro paramenti, per avere due riseghe di tre pollici ognuna.

VI.

I fondamenti dei due muri laterali avranno ognuno cinque piedi di larghezza, e il muro ridotto a 4 piedi, a cagione delle riseghe del davanti e della parte posteriore, il tutto costruito nel medesimo tempo per legare di più.

VII.

Se il fondo del terreno fosse tenero, debole o malsodo, dopo averlo scandagliato con lo scandaglio a succhiello, si fortificherà con una grata di legname di quercia, composta di panconi laterali e trasversali di dieci pollici quadrati commessi ad intagli a coda di rondine alle estremità pel davanti e pel di dietro, e tenute in sesto con buone caviglie di ferro infisse a testa perduta, poi sovrapporvi del pietrame, come si è già detto.

VIII.

Se si avessero a prendere alcune precauzioni, bisognerebbe coprire tutta la superficie della detta grata con un tavolato di panconi di quercia di 6 pollici di grossezza, sopra 8, 10 e 12 di larghezza, ben commessi l'uno contro l'altro, lasciandoli sporgere di due o tre pollici sul davanti e sul di dietro del fondamento, con una specie di rialzo per contenere il primo pietrame posto a secco, e impedirgli di scorrere in basso quando sarà caricato.

IX.

Palafittare anche al di sotto della griglia, se sarà necessario, per maggiore solidità e sicurezza. E ciò nel metodo che per tali opere si osserva, e di cui non facciamo punto il dettaglio.

X.

Innalzati questi fondamenti alla debita altezza, si farà coprire il livello tutto all'intorno, dopo che si stabiliranno i muri al di sopra, secondo le larghezze qui sopra indicate, dando un po' di rastremazione al paramento esterno, cioè due o tre linee per piede, e il paramento interno ben posto a piombo; si poseranno poi cinque filari di pietre dure non guaste dal gelo, o di grès, in tutti i paramenti esterni, in cui le pietre poste colla lunghezza in fuori avranno dieci a dodici pollici di facciata, sopra nove a dieci di coda a commessure quadrate; e di tre in tre si collocherà un'altra colla larghezza in fuori a testa quadrata, sopra 18 pollici di coda; osservando che siffatte pietre, non debbano essere poste l'una sull'altra in filari superiori, ma a scacchi, con cunei a tutti gli angoli ed ai piedritti delle porte e delle finestre; il tutto in buona malta di cemento, composto d'un terzo di buona calce viva, e di due terzi di polvere di vecchi rottami di tegole ben stritolati e passati allo staccio, misto, sicchè non facciano più che un solo corpo, composto quindici giorni prima di metterli in opera, nel qual tempo si rimesterà di nuovo a parecchie riprese con una pala di ferro in un bacino d'un piede quadrato espressamente fatto con tavole in costa, e grossi panconi nel fondo, e sempre senza mettervi dell'acqua fuorchè la prima volta.

XI.

E siccome la maggior parte delle pietre, e quelle soprattutto di grès, possono andar soggette al gelo, a cagione della natura dei loro pori, bisogna che l'ultimo di questi filari sia murato almeno con due mattoni posti fra le pietre poste colla larghezza in fuori, in cemento ordinario.

XII.

Tutti i paramenti interni dei detti muri saranno di buoni mattoni ben cotti e bene foggiati, innalzati per cinque filari, formanti insieme un piede d'altezza, compreso il cemento, di cui il primo avrà tre mattoni e mezzo,

il secondo tre mattoni, il terzo due mattoni e mezzo, il quarto due mattoni, e il quinto uno e mezzo per mantenere una buona legatura; e l'intervallo tra i detti mattoni e quelli posti dietro i grès, saranno in malta, picchiata col manico del martello in buon pietrame ordinario, sicchè esca da tutte le parti, ed eggnagliata a ciascun piede d'altezza.

XIII.

Al di sopra dei cinque filari di grès si farà paramento di mattoni come più sopra, e murando il corpo di mezzo in pietrame, osservando che l'esterno e l'interno montino egualmente, e nello stesso tempo con canti di grès uniti in legatura a tutti gli angoli posti in bagno di cemento.

XIV.

I lati maggiori saranno pure innalzati di cinque o sei piedi più o meno secondo il bisogno, dopo di che saranno terminati da cinque filari di mattoni, attraversanti da un paramento all' altro, per ricevere la nascita della volta, il cui ultimo filare sarà posto per precauzione a modo di cunei secondo la centina della volta per scansare il difetto delle biette o grossa malta che i muratori pongono a mal proposito sotto il primo mattone che posano per compensare la caduta della centina, il tutto a piccole commessure e piccoli letti senza fare troppo grossa calcina.

XV.

La volta sarà fatta a tutto sesto, come la più solida, di 3 piedi e mezzo di grossezza almeno, tutta di buoni mattoni scelti, ben cotti o modellati, combaciati ed innalzati alla mano l'uno contro l'altro, posti a piccole commessure in buona malta, senza grumi nè grani di sabbia, benissimo ed egualmente centinata in tutta la sua lunghezza e larghezza; tutti i materiali scelti e ben accoppiati, cioè i cunei e serragli preparati ed espressamente tagliati, se trattasi di pietre.

Ma se si tratta di mattoni, come la miglior materia a tale proposito, bisognerà prima di tutto edificare con un mattone di grossezza, fasciato e ben innestato di biette di legno sulla chiave, e ben arrotondire il suo estradosso per ricominciare una seconda volta, ripetuti sino a quattro volte l'uno sull'altro, formando insieme almeno 3 piedi.

XVI.

Si eleveranno nello stesso tempo i piedritti, le pile di sostegno e i muri laterali al disopra della volta; che si terminerà a schiena d'asino, con pendii da una parte e dall' altra, diretti come i pioventi d'un tetto; il tutto in mattoni senza pietrami a cagione del gelo. Sulla superficie dei detti pendii si farà una catena, i cui intervalli saranno proporzionati secondo la lunghezza della tegola e del suo uncinetto, per lasciare la solita parte scoperta, al qual effetto si preferirà sempre la tegola di gran forma a quella di piccola, l'una e l'altra poste in buona calcina ordinaria ed ancor meglio in malta di cemento, o tutto o almeno metà dell'uno e dell'altro di questi ultimi, ben misti insieme, e la copertura fatta in buona stagione.

XVII.

Se si vogliono mettere in uso le dette catene si incastreranno a secco nella muratura le correnti, i travicelli e i panconi di legno di quercia, spaziati di quattro al corrente, che si lascerà aggettare di tutta la grossezza del detto corrente per ricevere l'uncinetto della tegola, e posto in bagno di malta, come qui sopra.

XVIII.

E se si volesse coprir d'ardesia, invece delle correnti si metteranno delle sottili tavole di quercia ben secco, inchiodate con due chiodi a ciascun travicello, con due controcorrenti segate sulle quali si porrà l'ardesia attaccata almeno con tre chiodi ciascuna, osservando sempre di lasciare la solita parte scoperta: ed in questi due casi, bisognerà assolutamente mettere un cornicione di pietre di taglio, o di mattoni in coltello con una piattaforma di legname al di sopra, per ricevere e ritenere il piede dei travicelli, al basso de'quali si potranno mettere dei piedi di travicelli, ma con ciò v'è molto pericolo di fuoco, e non si possono vedere i luoghi in cui le pluviali possono cadere sulla muratura e rovinarla; quanto alle coperture delle gronde in pietre non solo caricano troppo, ma sono ancora soggetti a rompersi e fendersi per le nevi ed i geli, e le calcine si sgretolano e bisogna sempre tornar da capo a riparare.

XIX.

I vani delle porte dei muri laterali, avranno ognuno 4 piedi di larghezza sopra 7 e mezzo di altezza, voltati a tutto sesto, coi loro piedritti muniti di pietre di taglio; le due finestre al di sopra avranno ognuna 3 piedi di larghezza sopra 5 di altezza e voltate a centina ribassata.

XX.

Le doppie chiusure dei vani delle dette porte saranno fatte a due battenti con tavole di buon legno di quercia ben secco, grosso due pollici, ben commesse l'una contro l'altra e, munite di buone spranghe di simil legno, e ben inchiodate con chiodi ribaditi all'interno; le imposte delle finestre saranno semplici, ma con legni e tavole della stessa qualità, il tutto coperto con lamine di latta d'Olanda, inchiodate sopra le tavole, e ribadite, pure munite dei loro arpioni, bandelle in piombo in dadi di grès; buone serrature a doppi giri, tutte diverse, con buoni e forti catenacciuoli.

XXI.

La volta, ben fatta e coperta, si lascierà centinata per cinque o sei mesi per dare tempo alla calcina di consolidarsi ed incorporarsi coi mattoni, dopo ciò si leveranno le centinature adagio adagio per ogni campata una dopo l'altra; si ripareranno tutti i letti e le commessure con buona cal-

ce bianca ed agguagliata; si leveranno i legnami e i rottami, sgomberando il tutto.

XXII.

In seguito si porrà tutta la soglia o area del magazzino ben costruita, battuta ed appianata, un piede più alta del pian terreno, sulla quale si porranno travicelli di 8 pollici quadrati sia lateralmente che trasversalmente, di due piedi da mezzo a mezzo, di modo che non vi sieno più di 16 pollici d'intervallo tra di esse, di cui l'altezza sarà agguagliata con scorie o scheggie di ferro provenienti dalle fucine dei fabbri o maniscalchi; e dopo averli ben disposti e battuti per empire tutti i vuoti, si riporrà del carbone di legno sino al livello superiore dei nominati travicelli, sui quali si poserà un tavolato di panconi almeno di due pollici di grossezza, ben incavigliati e propriamente uniti insieme; come pure i cantieri per disporre i barili; il tutto in buona quercia ben secca, senz' alburno, nè screpolature; il qual tavolato sarà tenuto un piede più alto del pianterreno, cui si ascenderà per due gradini di 6 pollici ciascuno, formando le soglie delle due porte con un intonaco al basso, perchè non vi si possa introdurre del fuoco.

XXIII.

Pavimentare sopra sei piedi di larghezza tutto all'intorno del detto magazzino con pietre di grès di 7 ad 8 pollici quadrati di faccia, sotto 8 a dieci di coda, poste sopra uno strato o forma di sabbia di 8 a 9 pollici d'altezza, ben battute a rifiuto di mazzeranghe, e poste in pendio di 6 pollici, andando dal paramento dei grossi muri verso il murello di cinta, che deve essere d'un piede e mezzo o due piedi più basso, con piccole aperture o tubi di due o tre pollici, per servir di scolo alle acque che cadranno dalle grondaje dei tetti onde schivare l'umidità; e se il pavimento fosse posto in buona malta di cemento, sarebbe ancor meglio.

XXIV.

Il detto murello di cinta sarà fondato solidamente con due riseghe di 3 pollici da una parte e dall'altra, e ridotto quindi ad un piede e mezzo di grossezza sopra 10 a 12 piedi di altezza più o meno secondo la situazione del magazzino, e costrutto cogli stessi materiali sopra indicati.

Tutta la muratura che comporrà questo magazzino, compresi la volta e gli angoli di pietra di taglio, sarà pagata alla tesa cubica, sottratti i vuoti.

La muratura del murello di cinta sarà pagata alla tesa quadrata d'una grossezza adeguata d'un piede e mezzo.

Le terre alla tesa cubica, compresi lo sterro ed il riporto.

Il legname dei tetti pagato ad ogni centinaio di travicelli posti in opera.

Le porte al pezzo.

Le finestre al pezzo.

Il ferro grosso al centinaio di libbre, pesato al peso di marco.

I ferramenti colle loro chiavi e chiavistelli al pezzo, collocati in opera.

La latta al centinaio di libbre, pesata col peso di marco; compresi la collocazione in opera ed i chiodi.

Il pavimento di grès alla tesa quadrata secondo la sua costruzione. Inoltre si aggiugneranno, secondo il solito, tutte le condizioni alle quali si vorrà vincolare l'appaltatore, come di presentare buona e sufficiente sicurtà, tanto per le somme che gli saranno state anticipate, quanto per la guarentigia delle opere, un anno e un giorno dopo ultimate.

Siccome non v' ha muratura di fresco fatta che non faccia qualche cedimento, più o meno secondo la buona o cattiva qualità dei materiali adoperati, sono di avviso che per maggiore solidità nella costruzione d'un magazzino da polvere, da cui può dipendere la conservazione o la perdita d' una piazza, non bisogna far nulla con troppa fretta, ed innalzati i fondamenti all' altezza della risega, bisogna coprirli di uno strato di concime e di terra posto a schiena di mulo per lo scolo delle nevi ed acque pluviali; per lasciar riposare, assestarsi e consolidare le malte per sei mesi, ed alla primavera poi scoprirli con un bel tempo, spazzandoli ben bene, ed agguagliandoli da per tutto; e dopo avere rifatto quanto potrebbe esservi di guasto, innalzare i muri sino all' origine della volta, agguagliandoli sempre alla stessa altezza, e dopo coprirli e lasciarli riposare come abbiam detto; l' anno successivo far la volta con tutti gli accessorii, coprirla di tegola o d' ardesia, e non scentinarla che sei mesi dopo, e sempre a piccole campate per non cagionar gravi scosse, come è accaduto in alcuni luoghi che non ne è lecito ricordare; fare poi il suo tavolato coi cantieri e il suo muro di cinta.

DE MUZ.

Segue il preventino della Cisterna di Calais promesso al quarto libro; non contiene nulla di che io non abbia già fatto cenno parlando della cisterna di Charlemont, ma servirà d' esempio e quindi non sarà inutile affatto.

PREVENTIVO

Di quanto deve farsi ed osservarsi per la costruzione d'una cisterna che riceverà le acque pluviali che cadono sulla chiesa parrocchiale di Calais.

I.

MOVIMENTO DELLE TERRE.

(Tavola XXXIII.)

Tracciati i livellamenti all'appaltatore, per fare lo scavo delle terre che bisognerà levare, si torranno sino alla profondità della parte superiore delle acque dei pozzi circonvicini; si trasporteranno e si agguaglieranno più unitamente che si potrà sulla parte del cimitero verso mezzogiorno, seguendo tutta la sua lunghezza e la sua larghezza, segnatamente nei luoghi più bassi.

I vecchi materiali provenienti dalla demolizione del piccolo muro d'atrio, i pavimenti, gli alberi saranno adoperati per la fabbrica della

suddetta chiesa, che se ne varrà a misura della demolizione; la quale sarà fatta dall' appaltatore, che li trasporterà ove più gli piacerà, perchè non gli dieno impaccio dopo la costruzione della detta cisterna; ricolmerà dietro la muratura all' esterno, e a sua spesa, i fori che si dovranno riempire; le quali terre batterà poi con una mazzeranga del peso di trenta libbre, e le porrà in caso di ricevere il pavimento che si farà intorno.

Carpenteria.

Si porranno panconi di quercia grossi 4 pollici su tutta la larghezza dei muri di fondamento, che prima saranno bene squadrati.

MURATURA.

Qualità della calce.

Sarà fatta con pietre buone, diligentemente cotte e spente: sarà poi ben rivoltata, mestata e colata nei bacini per esser meglio stemperata e accuratamente purgata di tutte le pietre che non saranno state sciolte o penetrate dalla violenza del fuoco, e quindi mal cotte.

Qualità della sabbia.

Sarà della più pura che si troverà nel paese, senza mistura, e passata allo staccio, che sarà finissimo, perchè non vi si trovino sassolini.

Composizione della malta.

La calce e la sabbia essendo state ben preparate e della qualità qui sopra indicata, la malta di tutta la muratura di mattoni sarà composta di due quinti di calce e tre quinti di sabbia, ben impastati e ben battuti a quattro riprese, in quattro giorni diversi, prima di porla in opera.

Qualità dei mattoni.

Saranno tutti della stessa forma, meglio cotti che si potrà, e fatti con buona terra bene impastata e ben bagnata e compatta, sicchè i pezzi non abbiano una lunghezza minore di mezzo mattone; l' appaltatore farà caricare e scaricare a mano i detti mattoni sui carri che li trasporteranno perchè se ne rompa meno che sia possibile.

Qualità della malta di cemento.

Quella che sarà posta in opera ai ridotti ed alle cisterne, tanto dell'esterno che dell' interno, sarà fatta con rottami di vecchie tegole, ben cotti senza che vi sia adoperato alcun mattone: saranno ben battuti, polverizzati e passati allo staccio da fornaio, e la malta fatta con due quinti di calce viva di Bologna, e tre quinti del detto cemento, il tutto ben battuto e

misto tutti i giorni consecutivamente, sino che venga il tempo d' adoperarlo.

Dopo che i materiali qui sopra menzionati saranno stati preparati sopra luoghi, e delle forme e qualità indicate nei precedenti articoli di questo preventivo, e che l' appaltatore avrà anche disposto il sito ove saranno stabiliti i fondamenti della detta cisterna, secondo i livellamenti che gli verranno indicati, e avrà scavato il fondamento più basso che si potrà, dopo averlo ben agguagliato e posto a livello, porrà al luogo dei muri dei panconi di legno di quercia a vivo spigolo grosso 4 pollici, sui quali la muratura dei detti muri sarà stabilita, e nello stesso tempo quella del fondo della cisterna, secondo la lunghezza, altezza e grossezza indicate nella pianta e nel profilo uniti al preventivo: tutta la muratura del fondo della cisterna dai lati ed al muro di mezzo, sarà fatta con buon mattone e calce di Bologna, come si è più sopra indicato, alla riserva della cisternetta segnata nella metà dei muri, che sarà fatta con quattro filari di mattoni posti a piatto e in bagno di malta, in tutta l'estensione del fondo, osservando di coprire ogni letto di cemento bene e propriamente steso e ripassato colla cazzuola, sicchè non rimanga la menoma apparenza di commessure: la cisterna dai lati sarà pure di mattoni, ma posti in coltello e a scacchi l'un dopo l'altro e ogni letto coperto e intonacato di cemento sbattuto, lisciato e ripassato alla cazzuola tante volte quanti si vorranno filari di mattoni. Siccome questa cisternetta è importantissima, l'appaltatore avrà cura particolare che tutto sia ben fatto, e terrà costantemente d' occhio i lavoratori.

RIDOTTI ALL' ESTERNO DELLA CISTERNA.

Innalzando la muratura dei piedritti e dei muri laterali sarà fatto un rivestimento all' asterno d'essa, dall'orlo del fondamento sino all'altezza delle più alte acque del mare, quando sarà posta nel canale che passa attraverso della città, se farà bisogno.

Il ridotto sarà fatto con calce di Bologna o sabbia preparata come quella della muratura: avrà un pollice di grossezza e sarà passata colla cazzuola, lisciato replicatamente per chiudere con calce le screpolature; dopo che le terre saranno poste dietro la muratura per non lasciar tempo al sole di cagionarvi nuove screpolature.

Dopo la costruzione della cisterna, e scentinate la volte, le commessure dell' interno saranno approfondite di 4 linee con un piccol ferro ricurvo, e i mattoni del paramento battuti colla punta del martello per dare maggior presa al cemento; in seguito di che si comincieranno a raschiare le commessure, e dopo averle empite si farà un intonaco al di sopra della grossezza di 10 a 12 linee, che sarà sbattuto contro il muro con lisciatoi di di bosso o di ferro ben terso: dopo che si ripasserà tutti i giorni una volta per dodici giorni, sino a che sia perfettamente secco, bagnandolo sempre con latte di cemento con uno strofinaccio; il muro di mezzo sarà intonacato nello stesso modo che quelli dei due lati e prima del fondo della cisterna, che sarà preparato per l' ultimo.

I pozzi delle trombe e le cisternette saranno intonacati colla stessa precauzione della sopraddetta cisterna.

L'intonaco e il cisternamento del chiuso sarà fatto con le stesse curc, e con la stessa malta di quello dell'interno della cisterna, alzandolo di 15 pollici lungo i lati, e dirigendo gli scoli con un pendio ad un'estremità che verserà in una piccola cisternetta espressamente fatta.

Fatta la cisternetta nelle ore del giorno che l'ardore del sole sarà minore, si coprirà con istuoie che si toglieranno tutte le volte e si rimetteranno poi subito per evitare che un diseccamento troppo precipitato non vi faccia screpolature.

Si copriranno poi tutto pel lungo d'un letto di grossa sabbia, specialmente nel ruscello ove bisognerà raddoppiarlo dopo che il soprappiù sarà empito di terre che verranno battute pei letti per chiuderli, e ricoperte con piote.

Dopo che la muratura sarà stata innalzata al livello del pianterreno, il giro esterno di questa sarà orlato di due filari di pietra di taglio, di dodici pollici almeno d'altezza, della cava di Landretun o della costa di Bologna, a scelta dell'intraprenditore; le pietre saranno ben digrezzate e propriamente tagliate di otto pollici per sei, poste in legatura di 6 pollici almeno al lato di ciascuna, e con pietre poste colla larghezza in fuori, di 20 a 22 pollici almeno di coda, incatenate con altre poste in senso opposto di quattordici a sedici pollici; il soprappiù del paramento esterno della detta muratura sarà orlato dall'alto al basso e tutto all'intorno della detta cisterna con quanti filari occorreranno di doppi quadrelli di Bologna propriamente posti in opera con le più strette commessure che sarà possibile, i quali filari saranno posti a livello e a bagno di malta della stessa qualità di quella della pietra di taglio; lo stesso appaltatore farà i condotti, i pozzi, e le cisternette immittenti nella cisterna, e piccole garette servienti di copertura e di finestre ai detti pozzi; al qual fine sarà adoperata la pietra di taglio necessaria, il tutto misurato alla tesa cubica, come pure la muratura di mattoni.

Le cisternette avranno 3 piedi di diametro in opera e i canali saranno attraversati da spranghe di ferro per posarvi le secchie sopra, quando si vorranno riempir d'acqua: sarà fatto un piccolo cordone di pietra di taglio all'intorno della detta cisterna a quattro piedi al di sopra della corona del parapetto, il cui paramento sarà fatto con doppi quadrelli di Bologna, e ricoperto al di sopra con una tavoletta grossa sei pollici, di dodici a quindici pollici di coda per le pietre poste colla larghezza in dentro e di diciotto a venti per le altre in senso opposto; la quale tavoletta sarà di pietra di taglio della cava di Landretun, o della costa d'Embleteuze, a scelta dell'appaltatore propriamente tagliata e posta in bagno di malta di cemento condizionata come abbiam detto, avendo due pollici d'aggetto, ed un pollice di pendio sopra un piede al di sopra.

La parte superiore del parapetto sarà fatta di buoni mattoni posti a scacco in bagno di malta di Bologna, e la corona, sarà, salvo la tavoletta, di mattoni aventi un eguale pendio di quello della detta tavoletta, e collocati in bagno di malta e di cemento.

La sabbia posta sulla copertura, com'è stato detto nelle cisternette, sarà di sabbia finissima passata allo staccio, poi lavata e rilavata con acque dolce.

PAVIMENTO.

L'appaltatore farà il pavimento necessario all'esterno della detta cisterna, che sarà della costa di Bologna, di 6 a 8 pollici di coda, posto per strati sopra dodici a quindici pollici di grossezza di sabbia coi necessarii pendii, osservando di batterlo colle mazzeranghe a più riprese.

Si provvederà dei tubi di piombo, canaletti e bacini necessari per la condotta delle acque nella detta cisterna, e li collocherà in opera.

Somministrerà la saldatura necessaria pei detti tubi, provvederà e collocherà in opera tutta la latta necessaria ai tubi, canaletti ed altri luoghi, nel caso si trovi conveniente l'adoperarli: provvederà pure i ferramenti delle trombe, condotti ed altre cose necessarie per collocarle a luogo. Se si crederà opportuno dall'ingegnere in capo l'aumentare o diminuire la grossezza della muratura, l'appaltatore non potrà pretendere compenso alcuno, nel caso che abbia date maggiori dimensioni di quelle assegnate dalla pianta e dal profilo, e nel caso che le abbia diminuite, tale diminuzione gli verrà dedotta sulla misura. Tutte le suddette opere saranno rendute perfetta entro un periodo determinato, soggette a collaudo e misura.

Cioè

Le terre alla tesa cubica smosse una volta soltanto.

L'ossatura dei legni di quercia, posti in opera, ad ogni cento travicelli.

La muratura alla tesa cubica, compresi i luoghi esterni ed interni.

Tutta la pietra di taglio e i *grès* senza che l'appaltatore possa nulla pretendere pel vuoto delle volte, nè per le spese dei legnami delle centine che farà a suo conto.

La ghiaia, come è stato detto nel superiore preventivo, pure alla tesa cubica.

Il pavimento di grès tutto all'intorno della detta cisterna alla tesa quadrata.

Il piombo posto in opera al centinaio, pesato al peso di Parigi.

La saldatura, pure alla libbra ed allo stesso peso.

La latta, al piede quadrato posta in opera.

I ferramenti delle trombe, argani ed altre opere al centinaio di libbre, ed allo stesso peso. Si pagherà

Le terre	Lire	3	Soldi	10
Il centinaio di travi di legno di quercia . . .	»	305	»	—
La tesa cubica di muratura	»	61	»	—
La tesa cubica di ghiaia	»	18	»	—
La tesa quadrata di pavimento	»	7	»	—
Il centinaio di piombo	»	20	»	—
La libbra di saldatura	»	—	»	12
Il piede quadrato di latta	»	—	»	14
Il centinajo di ferro grosso	»	18	»	—

FINE DEL SESTO ED ULTIMO LIBRO.

APPENDICE

A COMPLEMENTO DI ALCUNE MATERIE E A DILUCIDAZIONE DI ALCUNE ALTRE TRATTATE IN QUEST' OPERA, ABBIAM CREDUTO DOVER AGGIUNGERE LE MEMORIE SEGUENTI SOMMINISTRATECI DA ALCUNI NOSTRI INGEGNERI MILANESI VALENTI NELLA TEORICA AL PARI CHE NELLA PRATICA.

METODO ANALITICO

PER CALCOLARE I TRASPORTI DI TERRA A RICAMBIO

Memoria stesa in occasione di alcuni rilevanti lavori fatti in Pizzighettone.

Il valore del trasporto d'una determinata quantità di terra, presa per unità, dipende dalla quantità che deve consumarsi nel carico e scarico della medesima, e dalla distanza percorsa tra i luoghi del caricò e dello scarico, moltiplicata pel tempo e pel corrispondente prezzo.

Il prezzo può essere determinato coi sottoindicati mezzi di trasporto.

Dal valore della giornata dell' uomo di lavoro (considerata la durata del giorno di ore nove) se il trasporto si fa con carriole, con barelle o con gerletti.

Dal valore della giornata del cavallo con carro e condottiere.

Dal valore della giornata di due cavalli e buoi con carro e condottiere.

Dal valore della giornata de' barcajuoli e barca coi necessarii attrezzi.

La distanza fra luogo e luogo, è divisa dai regolamenti in tanti ricambj o sparj eguali, che furono finora considerati, o di tese 15 in piano, e tese 10 in rampa, oppure di metri 10 in rampa.

Nei terreni inclinati il ricambio sarà maggiore o minore di 20 metri secondo che l'altezza verticale sarà minore o maggiore della dodicesima parte della base.

Ciò premesso si chiami Q il valore del trasporto della suddetta unità di terra, a il valore del tempo impiegato nel percorrere un ricambio, c il valore complessivo del tempo impiegato nel carico e scarico della terra: si avrà la equazione

$$(1) \qquad Q = ma + c$$

Due sole esperienze bastano, purchè sieno fatte con esattezza, a determinare i valori di a e di c nella suddetta equazione.

Si supponga pertanto che nel trasporto della data quantità di terra presa per unità a ricambi n, sia stata impiegata una parte della giornata indicata con $\frac{1}{p}$, e che per

un altro trasporto a ricambi $n+r$ siasi consumata una parte $\frac{1}{P}$ della stessa giornata, e sia V il prezzo della giornata. I valori dei rispettivi trasporti saranno espressi il primo da $\frac{V}{p}$, ed il secondo da $\frac{V}{P}$; si avranno quindi le due equazioni

$$(2)\ na+c=\frac{V}{p}\quad (3)\ \text{ed}\ (n+r)a+c=\frac{V}{P}.$$

e dividendo la prima equazione per n e la seconda per $n+r$, e sottraendo poscia la seconda dalla prima si ha:

$$\frac{rc}{n(n+r)}=\frac{V}{n(n+r)pP}\left\{n(P-p)+Pr\right\}$$

e da questa

$$(4)\ c=\frac{V}{pPr}\left\{n(P-p)+Pr\right\}$$

Il valore di a si avrà riprendendo l'equazione

$$na+c=\frac{V}{p},$$

e sostituendo in essa il trovato valore di c, e fatte le opportune riduzioni si ottiene

$$Q=\frac{V}{prP}\left\{Pr+(m-n)(p-P)\right\}$$

COROLLARIO.

Fatto per ipotesi $m=n$ nella formola finale, si avrà $Q=\frac{V}{p}$. Ciò significa che se per m si prende il numero de' ricambj dell'esperimento, deve appunto risultare il valore di Q avuto dall'esperimento stesso, e con ciò resta dimostrata l'esattezza della formola generale.

Col mezzo di questa formola si potrà costruire una tavola di valori di Q necessaria per regolare il prezzo dei trasporti di terra a varj ricambj. Questa si otterrà agevolmente col supporre m numero intero o frazionario, e coll'introdurre nella formola i valori D, P, p, n, r, trovati cogli esperimenti, ed il prezzo V della giornata in corso.

Dalle moltiplici esperienze istituite in Pizzighettone su di ciò risulta:

1.° Che la tesa cuba di terra trasportata da sei ricambj colle carriole ha importato milanesi L. 8. 17. 6, e la stessa tesa trasportata ad 8 ricambj costò L. 11. 16. 8, essendosi pagata la giornata del travagliatore L. 1. 9. 7. Quindi la parte da giornata impiegata nel trasporto a sei ricambj sarà $\frac{1}{p}=\frac{1}{6}$, e quella impiegata nel trasporto ad otto ricambj $=\frac{1}{P}=\frac{1}{8}$.

2.° Che il trasporto della terra suddetta a sei ricambj eseguito con birocci ammonta a milanesi L. 5. 19. 1, ed a dodici ricambj L. 10. 15, pagandosi la giornata del biroccio,

uomo e cavallo L. 4. 15 di Milano; quindi la parte di giornata del biroccio impiegata nel trasporto a sei ricambj è $\frac{1}{p} = \frac{1140}{1429}$, e quella a dodici ricambj $= \frac{1}{P} = \frac{19}{43}$.

Introdotti nella formola generale, questi valori di P, p, n, r, la medesima applicata al caso del trasporto con carriole diventerà

$$Q = m\,V.$$

e pel trasporto con birocci

$$Q' = \frac{V'}{12996}\,(\,2185\,m + 3192\,)$$

Per conoscere fino a quanti ricambj convenga far uso piuttosto delle carriole che dei birocci, si paragonino i valori di Q e di Q', e fino a tanto che si avrà $Q < Q'$, ossia

$$m\,V < \frac{V'}{12996}\,(\,2185\,m + 3192\,)$$

ossia

$$m < \frac{3192\,V'}{12996\,V - 2185\,V'}$$

saranno da preferirsi le carriole.

Nella supposizione di V = L. 1. 9. 7, e di V' = L. 4. 15, risulta che l' uso delle carriole è conveniente fino ad un ricambio e due terzi prossimamente, oltre del qual numero si dovrebbero impiegare i birocci.

L' esperienza però dimostra che attesa la facilità d' incrocicchiarsi i traini nel percorrere un piccolo spazio per cui deriva una perdita di tempo tanto nel carico che nello scarico, i birocci sono utilmente impiegati, quando le terre devono essere trasportate oltre i quattro ricambj.

A maggior chiarezza si espone la seguente tabella.

TRASPORTI

Ricambj	Con carriole regolate sul prezzo della giornata V.	Con birocci regolati sul prezzo della giornata V'
1	$Q = V$	. . . . . .
$1\ \frac{1}{2}$	" $= \frac{2}{3}$ V	. . . . . .
$1\ \frac{2}{3}$	" $= \frac{5}{3}$ V	$Q' = 0{,}5258\ V'$
2	" $= 2$ V	" $= 0{,}5818\ V'$
$2\ \frac{1}{4}$	" $= \frac{9}{4}$ V	" $= 0{,}6239\ V'$
$2\ \frac{2}{4}$	" $= \frac{5}{2}$ V	" $= 0{,}6659\ V'$
$2\ \frac{3}{4}$	" $= \frac{11}{4}$ V	" $= 0{,}7079\ V'$
3	" $= 3$ V	" $= 0{,}7500\ V'$

Avvertasi che nel suddetto metodo essendosi calcolato il solo trasporto delle terre non viene compreso nè il consumo d' utensili necessarj per eseguirlo, nè alcuna spesa per costruzione di ponti e rampe, e tracciamento delle opere, nè alcun beneficio che in caso di appalto possa competere all' impresario, per spese di amministrazione ecc. Per tali spese si potrà separatamente convenire di un tanto per cento sul totale valore dell' opera da eseguirsi.

A tale Memoria si opposero da alcuni ingegneri di Mantova le seguenti

OSSERVAZIONI

Esaminando l' antecedente metodo analitico per calcolare il trasporto delle terre a ricambio si è trovato.

1.° Che i prezzi supposti per l' applicazione delle formole sono pressochè i medesimi di quelli usitati in questa piazza di Mantova.

2.° Che fatto il ragguaglio della misura e moneta, il ricambio per carriola ammonta centesimi 15 1/2 al metro cubo, ed in questa piazza il prezzo usato già da molto tempo è di centesimi 14, onde non ci ha gran divario.

3.° Che riguardo al prezzo del ricambio ogni metro cubo di terra trasportato con birocci col detto metodo, specialmente nelle grandi distanze è eccessivamente forte.

Confronto dei prezzi dei ricambj per biroccio al metro cubo.

RICAMBJ	PREZZI			
	Del metodo analitico		Della piazza di Mantova	
	Lire	Cent.	Lire	Cent.
1	—	20	—	20
2	—	29	—	24
3	—	37	—	28
4	—	46	—	32
5	—	54	—	36
10	—	96	—	56
20	1	78	—	96
30	2	61	1	36
40	3	44	1	76
50	4	29	2	16

Dalla suddetta serie di prezzi si rileva che giusta il metodo analitico il prezzo del metro cubo di terra pel trasporto a ciascun ricambio con birocci, importa centesimi $8\frac{3}{10}$ e

centesimi 12, la perdita di tempo pel carico e scarico del biroccio, e che secondo i prezzi di questa piazza il ricambio è pagato in ragione di 4 centesimi, e di centesimi 16 la perdita di tempo pel carico e scarico come sopra.

I prezzi adottati in questa piazza sono il risultamento di replicate osservazioni, ed esperienze state fatte in varj tempi ed in diverse circostaoze, e servono di instradamento ad ogni trattativa di movimento di terra.

In uoa giornata di 9 ore, ossia di 540 minuti di lavoro, un biroccio tirato da un cavallo percorre la distanza di 500 ai 600 ricambj di 60 metri cadauno per esservi compreso il ritorno, ed il tempo impiegato nel carico e scarico del biroccio, che equivale al tempo impiegato in quattro ricambj. Ora prendendo un ragguaglio delle suddette due distanze che si reputano estreme, giusta le esperienze, si stabilisce che la quantità dei ricambj che può percorrere un cavallo in 540 minuti, sia (compreso il ritorno) di 540 ricambj, onde un biroccio tirato da un cavallo percorre un ricambio di 60 metri in un minuto di tempo, e 4 minuti servono pel carico e scarico del medesimo.

Uo biroccio grande, ma di un sol cavallo, che si paga circa lire 3 al giorno (prezzo supposto nell' applicazione del metodo analitico) porta $\frac{1}{6}$ di un metro cubo di terra vergine (la sua capacità è poco meno di un terzo di un metro cubo), dunque alla distanza di soli 90 ricambj ne porta un metro cubo, che a ragione di 4 centesimi per ricambio danno L. 3. 60, che è verisimilmente il prezzo della giornata. Usando invece del risultato del nuovo metodo, l' importo della giornata sarebbe maggiore del doppio.

Siccome il trasporto dello terra per carriole si è assoggettato ad una variazione di prezzo, distinguendo il prezzo della perdita di tempo nel maneggio delle carriole al sito del carico, ed a quello dello scarico, dal prezzo di ciascun ricambio, così è opportuno qui esporre i prezzi adottati, e ne' quali si sono basati parecchi contratti.

L' escavazione si divide per uomini, e si paga a ragione di centesimi 14 per uomo, ossia a centesimi 7 per ogni mezzo uomo.

Per ciascun ricambio fatto con carriole si pagano al metro cubo centesimi 12.

Pel tempo occorrente al maneggio delle carriole al metro cubo qualunque sia la distanza de' trasporti centesimi 4.

Per ciascun ricambio fatto con birocci al metro cubo centesimi 4.

Pel tempo occorrente al carico e scarico dei birocci qualunque sia la distanza del trasporto centesimi 16.

A maggiore intelligenza sulla divisione delle terre, al pagamento delle escavazioni, e trasporto delle medesime, aggiungansi i seguenti articoli:

1.° La qualità delle terre relativamente alla maggiore o minore difficoltà della scavo, si dividerà per uomini, dicendosi *terra da un uomo* quella che non abbisogna d' essere smossa che dall' uso del badile; *terra da un uomo e mezzo*, quando dovendosi usare lo zappone pel lavoro di una giornata di un uomo impiegato a scavare, e gettare o caricare la terra col badile, abbisogna il lavoro di mezza giornata di un altro uomo collo zappone; *terra da due uomini* quando per ogni uomo impiegato col badile ne occorre uno collo zappone; *terra da due uomini e mezzo* quando la difficoltà dello scavo richiede una giornata e mezza di un uomo colla zappa per mantenere il lavoro ad un uomo impiegato col badile; *terra da tre uomini*, quando per ogni uomo impiegato col badile ne occorrono due collo zappone, e così di seguito.

2.° Il trasporto delle terre fatto tanto colle carriole che coi birocci, si pagherà al

metro cubo, ed al ricambio di 30 metri in pianura, e di 20 metri in rampa. Quelli in piano saranno misurati dal centro di gravità dello scavo a quello del riempimento od ammassamento delle terre; e quelli in rampa saranno misurati sulla differenza verticale fra i detti due centri di gravità, contando tanti ricambj di 20 metri, quante volte questa differenza conterrà due metri.

Si ommette in quest' articolo di aver riguardo alle prominenze che possono esistere lungo la strada dei trasporti della terra.

Malgrado ogni precisione usata nel determinare il numero dei ricambj, che percorre un biroccio ed un cavallo in una giornata, non fu ancora ben calcolato che nelle piccole distanze il cavallo si stanca più facilmente che nelle grandi, per essere obbligato a rivoltarsi più spesso; onde converrà accrescere il prezzo fisso di centesimi 16, il quale non è in ragione dei ricambj, ma dei viaggi, ed obbligare i concorrenti ad un maggior ribasso di un tanto per cento sulla totalità dei prezzi.

RISPOSTA ALLE OSSERVAZIONI SUDDETTE.

Dal processo del calcolo istituito per ricavare la formola generale

$$Q = \frac{V}{prP}\left\{Pr + (m - n)(p - P)\right\}$$

che serve a calcolare il trasporto delle terre a ricambj fatto con qualunque strumento, si vede che per conoscere il valore del trasporto fatto con uno strumento egli è necessario che si facciano con quel dato strumento due qualunque esperienze, onde riconoscere qual parte $\frac{1}{p}$ di giornata s'impieghi nel caricare e trasportare un' unità cubica di terra (p. e. un metro cubo) ad un numero n di ricambj; e qual parte $\frac{1}{P}$ s'impieghi nel carico e trasporto di detto metro cubo di terra ad un numero $n + r$ di ricambj. Conosciute queste quantità ed introdotti i loro valori nella suddetta formola generale si ottiene una formola particolare, la quale (fissato il prezzo della giornata di quel tale strumento di trasporto) serve a calcolare il trasporto fatto con detto strumento a diversi ricambj. Egli è dunque indispensabile che queste due esperienze sieno fatte con tutta l'esattezza possibile, che lo strumento degli esperimenti sia precisamente di eguale specie o capacità di quello con cui si deva eseguire il trasporto delle terre, perciò è necessario che in ogni piazza, e per ogni strumento, s'instituiscano le dette due esperienze per ottenere le formole particolari.

Dalle esperienze fatte in Pizzighettone si trassero le formole

$$(1)\ Q = m\,V; \quad (2)\ Q' = \frac{17V'}{12996}\left\{2185\,m\,2 + 319\right\}$$

la prima delle quali serve per ricavare il valore del trasporto delle terre fatto con carriole, e la seconda per quello fatto con birocci; ma queste formole particolari non possono valere che per Pizzighettone, o al più per quell' altra piazza in cui la carriola ed il biroccio sieno di egual capacità di quelli di Pizzighettone, e si abbiano nel trasporto le stesse circostanze che si avevano nella piazza di Pizzighettone. Nè le medesime si credono

certe anche per Pizzighettone, non potendosi assicurare che le esperienze medesime dalle quali si ottennero le dette formole, sieno state fatte colla necessaria precisione.

Inoltre queste due formole particolari, o le tabelle corrispondenti non furono calcolate che per un puro esempio. Da queste due formole particolari non si deve adunque ricavare il valore dei trasporti fatti in Mantova od in altra piazza; ma bensì (fatte le esperienze suindicate) a dedotte le formole particolari da queste, si ricaveranno i valori dei trasporti a diversi ricambj.

E però il motivo per cui si ottengono col metodo analitico pel trasporto fatto in Mantova coi birocci valori molto differenti da quelli con cui si pagano i trasporti nella detta piazza, si è l' aver preso la formola particolare dei birocci per Pizzighettone e non la generale.

In fatti assunte le esperienze fatte in Mantova, cioè che pel carico e scarico del biroccio sieno necessarj quattro minuti primi pel trasporto ad un ricambio, ossia 3o minuti primi od $\frac{1}{18}$ di giornata (calcolata la giornata di ore 9) pel carico e scarico e trasporto di un metro cubo di terra ad un ricambio; e pel carico, scarico e trasporto a due ricambj, minuti $24 + 12 = 36 = \frac{1}{15}$ di giornata, e sostituiti nella formola generale questi dati, cioè $\frac{1}{18}$ invece di $\frac{1}{p}$ ed $\frac{1}{15}$ invece di $\frac{1}{p}$, 1 invece di n ed 1, invece di r, si avrà (fatte le necessarie riduzioni) pel trasporto fatto in Mantova con birocci la formola

$$Q = \frac{V}{90} (4 + m)$$

nella quale facendo V = L. 3, 65, prezzo della giornata, ed m numero dei ricambj successivamente eguale ad 1, 2, 3, ecc., si avrà

Per un ricambio. . . .	Q =	L. 0,20
Per due	Q =	» 0,24
Per tre	Q =	» 0,28
Per quattro.	Q =	» 0,32 ecc.

prezzi conformi a quelli nella piazza di Mantova.

Che poi il prezzo pel trasporto fatto colle carriole della formola di Pizzighettone si ricavi eguale prossimamente a quello che si fa in Mantova, ciò vorrà dire che la capacità delle carriole di Mantova sarà eguale alla capacità di quelle di Pizzighettone, e che vi saranno le medesime circostanze pel trasporto tanto in una piazza che nell' altra, ed ancora perchè le esperienze saranno state fatte esattamente anche in Pizzighettone.

Siccome poi il cavallo si stanca di più nei trasporti a piccole distanze che a grandi, così sarebbe bene di istituire, due, o quattro, o sei od anche più esperienze, cioè per una piccola, per una mezzana, per una grande distanza, ed ottenere mediante queste, una, due, tre, o più formole particolari, che sarebbero opportune pel trasporto con birocci a distanze piccole, mezzane e grandi.

Se abbisognasse poi di conoscere separatamente il prezzo del carico e scarico, e quello del trasporto allora conosciute dalle esperienze le parti $\frac{1}{p}$ ed $\frac{1}{P}$ di giornata impiegata; nel carico, trasporto e scarico ad n oppure ad $n+r$ ricambj, si chiami y la parte della giornata che si impiega nel solo trasporto ad ogni ricambio; ed x quella che si impiega nel solo carico, e scarico; sarà ny il tempo impiegato, nel solo trasporto ad n ricambi, ed $(n+r)\,y$ il tempo impiegato nel solo trasporto ad $n+r$ ricambj, quindi $ny+x$, esprimerà il tempo complessivo impiegato nel carico trasporto e scarico ad n ricambj e si avrà la equazione

$$ny+x=\frac{1}{p}$$

Esprimendo ora $(n+r)\,y+x$ il tempo complessivo impiegato nel carico, trasporto e scarico ad $n+r$ ricambj, sarà $(n+r)\,y+x=\frac{1}{P}$. Da queste due equazioni si ricava immediatamente $y=\frac{p-P}{prP}$ ed $x=\frac{(n+r)\,P-np}{prP}$, e moltiplicando questi tempi per V, prezzo di una giornata, si avranno le due quantità

$$\frac{V.\,(p-P)}{prP} \text{ e } V\left(\frac{(n+r)\,P-np}{prP}\right)$$

la prima delle quali esprimerà il prezzo del solo trasporto ad ogni ricambio, e la seconda il prezzo del solo carico e scarico.

Eccone un esempio = Presa l'esperienza di Mantova si ha $P=15$, $p=18$, $n=1$, $r=1$, quindi sostituendo nelle due ultime formole questi valori si ricava, dalla prima $\frac{V}{90}$, e dalla seconda $\frac{4\,V}{90}$, e facendo V = L. 3, 65, dalla prima si hanno L. 0, 04, e dalla seconda L. 0, 16, conforme è praticato in detta piazza.

SULLA FORZA CHE DEVONO AVERE LE COMMESSURE NEI CAVALLETTI COMPOSTI D' UN SISTEMA DI LEVE.

Si abbia un sistema di tre leve A C, C D, D B, (Tav. LI) posato sui due punti A e B; supponiamo queste leve d'una lunghezza invariabile, e mobili intorno ai loro punti d'unione ed ai loro punti d'appoggio. Se i pesi di cui le leve sono caricate si facessero esattamente equilibrio, il sistema si manterrebbe nella sua forma; ma supponendo che la distribuzione dei pesi non sia tale, quale si converrebbe all' equilibrio, gli angoli delle leve tenderanno a variare, e perchè il sistema rimanga in riposo, bisognerà, supponendo che il peso tenda ad accrescere l' angolo esteriore c C D, formato dal prolungamento della leva A C e da quello della C D, che abbia una certa forza agente al punto C, che tende a diminuire quest'angolo. Questa forza è la resistenza della commessura, e per conoscere il suo valore basterà esprimere l'equilibrio tra essa e i pesi che agiscono sul sistema.

I metodi più generali essendo quasi sempre i più semplici, adopreremo per trovare le condizioni di questo equilibrio, quello che Lagrange ha dato nella sua Meccanica analitica. Le posizioni delle leve essendo riferite alle linee A X ed A Y, come assi delle x e delle y, sieno x' ed y' le coordinate del punto C, x'' ed y'' quelle del punto D: rappresentiamo con X' ed Y' le componenti rispettivamente parallele agli assi delle x e delle y delle forze che agiscono al punto C; con X'' ed Y'' le forze analoghe che agiscono al punto D. Chiamiamo e l' angolo c C D, ed E, la forza d' elasticità, che agisce ai punti C. Il momento di questa forza sarà E $d\,e$, intendendo per momento d' una forza, il prodotto di questa forza per l'elemento della sua velocità, stimato secondo la sua direzione, e si avrà per equazion d' equilibrio

$$X'\,dx' + Y'\,dy' + E\,de + X''\,dx'' + Y''\,dy'' = 0,$$

nella quale basta sostituire a $d\,e$ il suo valore in funzione delle differenziali delle coordinate. Facciamo A $c = f$, C D $= g$, D B $= h$, A D $= i$, si avrà nel triangolo A C D, per un conosciutissimo teorema di geometria

$$\cos.\,e = \frac{f^2 + g^2 - i^2}{2fg};$$

differenziando questa espressione, notando che f e g, essendo costanti, i loro differenziali son nulli, si ha

50

$$de = \frac{i\,di}{fg \,\text{sen.}\, e}.$$

Si ha inoltre

$$i = \sqrt{(x''^2 + y''^2)}\ e$$

$$di = \frac{x''\,dx'' + y''\,dy''}{i};\ \text{dunque},$$

$$de = \frac{x''\,dx'' + y''\,dy''}{fg \,\text{sen.}\, e}.$$

Quanto alle condizioni del sistema si riducono a ciò che le lunghezze delle leve sono invariabili. Chiamato a l' intervallo A B dei due punti d' appoggio

$$f = \sqrt{(x'^2 + y'^2)} \qquad df = \frac{x'\,dx' + y'\,dy'}{f}$$

$$g = \sqrt{\left\{(x'' - x')^2 + (y'' - y')^2\right\}},\ dg = \frac{(x'' - x')(dx'' - dx') + (y'' - y')(dy'' - dy')}{g};$$

$$h \sqrt{\left\{(a - x''^2) + y''^2\right\}} \qquad dh = \frac{-(a - x'')\,dx'' + y''\,dy''}{h},$$

eguagliando a zero le differenziali, moltiplicando ognuna per un coefficiente indeterminato, e sommandoli coll' equazione generale d' equilibrio, in cui si sostituirà a de il suo valore, si avrà:

$$\text{X}'\,dx' + \text{Y}'\,dy' + \frac{\text{E}}{\text{F}g \,\text{sen.}\, e}(x''\,dx'' + y''\,dy'') + \text{X}''\,dx'' + \text{Y}''\,dy'' + \lambda(x'\,dx' + y'\,dy')$$

$$+ \mu \left\{(x'' - x')(dx'' - dx') + (y'' - y')(dy'' - dy')\right\} + \nu\left\{(a - x'')\,dx'' - y''\,dy''\right\} = o.$$

Raccogliendo tutti i termini moltiplicati per ognuno dei differenziali delle coordinate, ed eguagliandoli separatamente a zero, si avrà:

$$\text{X}' + \lambda x' - \mu(x'' - x') = o$$
$$\text{Y}' + \lambda y' - \mu(y'' - y') = o$$

$$\text{X}'' + \frac{\text{E}}{fg \,\text{sen}\, e} x'' + \mu(x'' - x') - \nu(a - x'') = o$$

$$\text{Y}'' + \frac{\text{E}}{fg \,\text{sen}\, e} y'' + y''\,\mu(y'' - y') - \nu y'' = o,$$

Per eliminare i coefficienti, si sommerà la prima equazion colla terza, e la seconda colla quarta, il che darà:

$$\text{X}' + \text{X}'' + \frac{\text{E}}{fg \,\text{sen.}\, e} x'' + \lambda x' - \nu(a - x'') = o,$$

$$Y' + Y'' + \frac{E}{fg\,\text{sen.}\,e} + \lambda y' - y' \nu y'' = 0.$$

Eliminando ν in queste due equazioni si ottiene

$$(X' - X'')y'' - (Y' - Y'')(a - x'') - \frac{E}{fg\,\text{sen.}\,e}\,a y'' + \lambda \left\{ x' y'' - (a - x'') y' \right\} = 0;$$

ed eliminando μ tra le due prime equazioni qui sopra, si otterrà una seconda equazione, che contiene solo il λ, e sarà

$$X'(y'' - y') - Y'(x'' - x') + \lambda (x' y'' - x'' y') = 0.$$

Eliminando λ tra le due ultime, si avrà finalmente

$$(X' y' - Y' x')\left[(a - x'')(y'' - y') - y''(x'' - x')\right]$$
$$- \left\{ X'' y'' - Y''(a - x'') \right\}(x' y'' - x'' y') - \frac{E}{fg\,\text{sen.}\,e}\,a y''(x' y'' - x'' y') = 0$$

Questa equazione esprime le condizioni d'equilibrio e dà per valore di E

$$E = \frac{fg\,\text{sen.}\,e}{a} \times \frac{\left\{X'' y'' - Y''(a - x'')\right\}(x' y'' - x'' y') - (X' y' - Y' x')\left[(a - x'')(y'' - y') - y''(x'' - x')\right]}{(x' y'' - x'' y')y''}.$$

Se la posizione delle leve fosse tale che le forze del sistema stessero in equilibrio, si avrebbe $E = 0$; quindi le condizioni di questo equilibrio sono espresse dall' eguaglianza dei due termini del numeratore dell' indicata espressione.

Osserviamo intanto che il caso, in cui il valore di E è più considerevole rispetto al peso totale delle leve, è quello in cui il punto C non sopporta nulla, ed ove il peso è applicato interamente al punto D. Per avere in allora l' espressione di E, bisogna fare nelle precedente $X' = 0$, $Y' = 0$, il che darà

$$E = \frac{fg\,\text{sen.}\,e}{a} \times \frac{X'' y'' - Y''(a - x'')}{y''}.$$

E rendendo l' unione delle due leve A C e C D capace della resistenza espressa dalla formola, il sistema si manterrà necessariamente in riposo, e quelle due leve dovranno essere considerate siccome formanti un sol pezzo.

Ma questo pezzo è soggetto per effetto del carico del punto D ed una pressione che si esercita nel senso della linea D A, e che tende a cagionar la rottura al punto C: bisogna dunque che l' unione offra a questo punto la forza necessaria per resistere a tale pressione. Per trovare il valore di questa forza, si potrà considerare la porzione A C, come immobilmente fissa, e la porzione C D, come un pezzo incastrato alla sua estremità C, e sottoposto all' altra all' azione d' una forza diretta secondo C A. Bisognerà dunque che quest' ultima forza moltiplicata pel suo braccio di leva C E dia una quantità eguale al momento d' elasticità del pezzo A C D al punto C, che chiameremo ε.

Ora la pressione esercitata secondo C A non è altro che la somma delle forze X'' ed Y'' decomposte secondo questa linea, cioè:

$$\frac{(X'' y'' + Y'' x'') \sqrt{(x''^2 + y''^2)}}{x'' y''}.$$

Quanto alla linea C E, che è una perpendicolare abbassata dal punto C sopra D A; ha per espressione, dietro le formole conosciute

$$\frac{y' x'' - y'' x'}{\sqrt{(x''^2 + y''^2)}}.$$

e però si avrà la relazione

$$e = \frac{(X'' y'' + Y'' x'')\,(y' x'' - y'' x')}{x'' y'}.$$

Questa quantità è sempre molto più grande del valore trovato per E: e per dimostrarlo, basta farne la prova sopra un caso svantaggiosissimo, come quello in cui i punti A, C, D, B si trovino sopra un semicircolo. Supponiamo dunque che le tre leve A C, C D, D B, sieno eguali e sostengano ciascuno un arco di terzo di circolo. Fatto il raggio del cerchio = 1 avremo

$x' = 0{,}50$ $\quad x'' = 1{,}50$ $\quad f = 1{,}00$ $\quad a = 2{,}00$

$y' = 0{,}87$ $\quad y' = 0{,}87$ $\quad g = 1{,}00$ $\quad$ sen. $e = 0{,}87$

$$X'' = \frac{1{,}50}{0{,}87}\, Y'' = 1{,}72\, Y''$$

E però è provato che la forza necessaria alle commessure per rendere un sistema di travicelli invariabile di forma, è minore di quella che dovrebbero avere queste commessure per mettere le parti del cavalletto in caso di resistere alla pressione cui sono soggette.

Si potrebbe applicare lo stesso metodo a un sistema composto d'un più gran numero di travicelli, e si otterrebbe un risultato medesimo.

GAUTHEY.

FINE DELL' APPENDICE.

INDICE DELLE MATERIE

PREFAZIONE DELL'AUTORE . . . pag. v
TAVOLA DELLE MATERIE XIII
TAVOLA DELLE NOTE DEL NAVIER CHE DANNO TEORICHE E NOZIONI SEPARATE. » XVI

LIBRO PRIMO

Principii di Meccanica applicati alla ricerca delle dimensioni che si convengono ai rivestimenti delle opere di fortificazione, perchè sieno in equilibrio colla spinta delle terre che debbono sopportare. . . . . » 17

CAPITOLO I.

Metodo per la determinazione del centro di gravità di varie figure . » 19
Proposizione I. . . . . » ivi
Proposizione II. . . . . » 21
Proposizione III. . . . . » 22
Proposizione IV. . . . . » ivi

CAPITOLO II.

Dell' equilibrio de' piedritti, o muri a sezione rettangolare.
Proposizione I. . . . . » 23
Proposizione II. . . . . » 25

CAPITOLO III.

Dell' equilibrio de' piedritti o muri a scarpa . . . . » 26
Proposizione I. . . . . . . pag. 27
Proposizione II. . . . . » 28
Proposizione III. . . . . » 30
Proposizione IV. . . . . » 31
Proposizione V. . . . . » 32

CAPITOLO IV.

Della spinta de' terrapieni . . . . » 33
Proposizione I. . . . . » 34
Proposizione II. . . . . » 37
Uso d'una tavola per trovare la grossezza da darsi ai muri di terrapieno con parapetto e senza. . . . . » 41
Tavola per regolare la grossezza da darsi ai muri di rivestimento o dei terrapieni con parapetto e senza. » 44
Proposizione III. . . . . » 45
Proposizione IV. . . . . » 46

CAPITOLO V.

Dei muri con contrafforti . . . . » ivi
Proposizione I. . . . . » 47
Proposizione II. . . . . » 49
Proposizione III. . . . . » 51
Proposizione IV. . . . . » 52
Esame delle differenti figure che possono avere le basi dei contrafforti. » 53
Parallelo del profilo generale di Vauban, con le regole dei precedenti Capitoli. . . . . » 57
Tavola per spiegare le dimensioni contenute nel profilo generale del Maresciallo di Vauban . . . . » 60

LIBRO SECONDO

Meccanica delle vôlte e modo di determinare le grossezza de' piedritti. pag. 68

CAPITOLO I.

Della spinta delle vôlte . . . . . » ivi

CAPITOLO II.

Della grossezza necessaria ai piedritti delle vôlte a tutto sesto, perchè colla loro resistenza facciano equilibrio alla spinta delle terre che debbono sopportare. . . . . » 74
Proposizione I. . . . . » 75
Proposizione II. . . . . » 81
Proposizione III. . . . . » 82

CAPITOLO III.

Trovare la grossezza dei piedritti delle volte sceme, a sesto-acuto e in piattabanda, e quella dei fianchi dei ponti di muratura . . . . . . » 85
Proposizione I. . . . . » 87
Proposizione II. . . . . » 89
Proposizione III. . . . . » 91
Proposizione IV. . . . . » 92
Proposizione V. . . . . » 93
Proposizione VI. . . . . » 95
Proposizione VII. . . . . » 97
Tavola per conoscere la grossezza dei cunei dell' intradosso all' estradosso per archi d'ogni ampiezza . . . » 99
Continuazione della Tavola. . . . » 100

CAPITOLO IV.

Regole per trovare la grossezza dei piedritti d' ogni specie di vôlte, col solo calcolo numerico, adattate all' intelligenza di chi non conosce l'algebra . . . . » 101
Proposizione I. . . . . » ivi
Proposizione II. . . . . » 103
Proposizione III. . . . . » 104
Proposizione IV. . . . . » 105
Proposizione V. . . . . » 107

LIBRO TERZO

Dei materiali di costruzione, loro proprietà caratteristiche, e modo di adoperarli . . . . » 108

CAPITOLO I.

Proprietà delle diverse sorta di pietre che si adoperano per fabbricare. » ivi

CAPITOLO II.

Qualità del mattone e modo di fabbricarlo. . . . . pag. 111

CAPITOLO III.

Qualità della calce e modo di spegnerla . . . . » 112

CAPITOLO IV.

Qualità dell' arena, della pozzolana e del gesso . . . . » 114

CAPITOLO V.

Composizione della malta . . . . » 117

CAPITOLO VI.

Particolari che han relazione colla costruzione della muratura . . » 123
Tavola del peso di diversi materiali. » 125
Dettaglio della calce e della sabbia. » 126
Dettaglio dei mattoni . . . . . » ivi
Dettaglio del pietrame . . . . . » 127

CAPITOLO VII.

Norme sulla intavolazione e condotta dei lavori . . . . » 128

CAPITOLO VIII.

Movimento e trasporto delle terre. » 132

CAPITOLO IX.

Modo di fare i fondamenti delle fabbriche in qualunque terreno e principalmente nei cattivi . . . . » 141
Fondamento sulla roccia . . . . » 143
Fondamenti di getto . . . . . . » 144
Fondazione in terra ordinaria e soda. » 146
Fondamenti sopra archi. . . . . » 147
Modo di deviar le sorgenti. . . . » ivi
Fondamenti sopra graticolati . . » ivi
Fondamenti sopra palizzate . . » 148
Altra maniera di costruir sopra palizzate . . . . » ivi
Precauzioni d'aversi nell' affondar pali. » ivi

Fondamenti su la sabbia bollente. pag. 150
Fondamenti ne' luoghi paludosi . » 151
Fondamenti a scogliera od a sacco. » 152

CAPITOLO X.

Come si debbono adoperare i materiali che compongono la muratura . . . . » 156
Spiegazione di alcune Tavole per determinare le dimensioni d'ogni sorta di rivestimenti in muratura . . » 161
Tavola per la grossezza da darsi alla sommità ed alla base dei rivestimenti dei bastioni di fortificazione che hanno dai 10 sino ai 100 piedi d'altezza rispetto alle diverse scarpe che si vogliono ad essi assegnare, colle dimensioni dei lor contrafforti, notando che la distanza di questi deve essere di diciotto piedi da mezzo a mezzo . . . . » 166
Tavola per le grossezze della base e della sommità dei rivestimenti senza parapetto, come quelli dei terrapieni, dei muricciuoli di spiaggia, della controscarpa e gole d'opere, dai 10 sino ai 100 piedi di altezza rispetto alle scarpe diverse che si vogliono ad essi assegnare, colle dimensioni dei contrafforti, dato che la distanza dei contrafforti sia di 18 piedi da mezzo a mezzo. » 168

CAPITOLO XI.

Dei sotterranei e come si applichino su le loro volte i coperchi di cemento . . . . » 170

CAPITOLO XII.

Dei lavori di terra . . . . . . » 174

LIBRO QUARTO

Della costruzione degli edificj militari e civili . . . . » 185

CAPITOLO I.

Legni che compongono le armadure . . . . » 186

CAPITOLO II.

Della forza dei principali legni che entrano nelle armature . . . » 191
Principj su la resistenza del legno in generale . . . . » ivi

CAPITOLO III.

Di parecchie sperienze sulla forza del legname, e del modo di valersene nella costruzione degli edificj. pag. 196

CAPITOLO IV.

Buone e cattive qualità del ferro. » 207

CAPITOLO V.

Porte che si praticano alle città fortificate . . . . » 209
Nuovo ponte levatojo . . . . . » 213
Costruzione della sinusoide. . . . » 215
Applicazione della sinusoide ai ponti levatoj . . . . » 216

CAPITOLO VI.

Dei ponti fissi che servono ad agevolar l'ingresso nelle città fortificate. » 220

CAPITOLO VII.

Corpi di guardia in generale, casotti e latrine . . . . » 225

CAPITOLO VIII.

Distribuzione delle contrade nelle città fortificate . . . . » 227

CAPITOLO IX.

Magazzini da polvere ed arsenali per le munizioni da guerra . . . » 230

CAPITOLO X.

Caserme, ospedale, prigioni e case civili. . . . . » 238

CAPITOLO XI.

Cantine, ghiacciaie, forni e mulini. » 243

CAPITOLO XII.

Costruzioni di pozzi e cisterne. . » 245

CAPITOLO XIII.

Regole da osservarsi nella costruzione degli edificj . . . . » 250

CAPITOLO XIV.

Particolari sull'esecuzione degli edificj.

Dei lavori di legname grosso e minuto; dei tetti, dei soffitti, delle porte e delle finestre . . . . . pag. 257
Coperture di tegole e di lavagna. » 258
Dei vetri . . . . » 260
Pavimenti di ciottoli, di mattoni e di quadrelli . . . . » 261

LIBRO QUINTO

Degli ornamenti architettonici . . » 262
Spiegazione dei termini propri agli Ordini d'Architettura . . . . . » 264

CAPITOLO I.

Modanature e loro ornamenti . . » 265

CAPITOLO II.

Come si distinguano i cinque ordini. » 267

CAPITOLO III.

Dell'ordine Toscano . . . . . » 269

CAPITOLO IV.

Dell'ordine Dorico . . . . . . » 272

CAPITOLO V.

Dell' ordine Jonico . . . . . » 274
Modo di tracciare la voluta jonica. » 278

CAPITOLO VI.

Ordine Corintio. . . . . » 280

CAPITOLO VII.

Ordine Composito . . . . . . » 283
Osservazioni sui cinque ordini in generale, seguite dalla spiegazione di alcuni frammenti de' più begli edificj antichi di Roma . . . . » 287

CAPITOLO VIII.

Delle colonne e della loro rastremazione, — Persiche e Cariatidi. pag. » 290
Maniera per diminuire la colonna. » 291

CAPITOLO IX.

Proporzioni dei pilastri e dei frontispizj. . . . . » 294

CAPITOLO X.

Peristilj, intercolunnj, archi e nicchie. » 298

CAPITOLO XI.

Unioni degli ordini o parecchi ordini posti l'un sopra l'altro . . . » 303

CAPITOLO XII.

Della distribuzione e della decorazione degli edificj in generale . . » 309

LIBRO SESTO

Modo di far le perizie per la costruzione delle fortificazioni e degli edificj civili . . . . » 318
Modello di una perizia per una piazza nuova come quella di Neuf-Brisach.
I.° *Perizia delle opere di muratura, terra, piotte, carpenteria, coperture, lavori di legnami minuti ec. che il re ha ordinate per la piazza di...* » 321
II.° *Dimensioni delle parti principali della piazza. — Corpi della piazza.* » ivi
III.° *Qualità e fogge dei materiali che saranno adoperati nelle suddette opere* . . . . » 334
IV.° *Costruzione delle opere* . . » 337
Condizioni elementari del preventivo, d'un edificio civile . . . . . » 355
Della forma delle aggiudicazioni, formalità che vi si osservano, e stile in cui son concepite . . . . » 358
Perizie e condizioni che osserveranno gli appaltatori delle caserme che si sono ordinate a Bethune . . . » 361
Memoria per servire alla distribuzione dei legni adoperati nelle caserme di Saint-Jor . . . . » 365
Preventivo di quanto deve farsi ed osservarsi per la costruzione d'una cisterna che riceverà le acque pluviali che cadono sulla chiesa parrocchiale di Calais . . . . » 378
Appendice. . . . . » 383

NOTE

DEL SIGNOR NAVIER

INGEGNERE DI PONTI E STRADE

ALLA

SCIENZA DEGL' INGEGNERI

DI BELIDOR



NOTE

DEL SIGNOR NAVIER

ALLA

SCIENZA DEGL' INGEGNERI

DEL SIGNOR BELIDOR

Le presenti Note sono richiamate nel testo, ai numeri rispettivi e progressivi qui citati

(1) Le supposizioni che fa qui Belidor, gli son necessarie per applicare il calcolo al problema di fisica ch'ei si propone trattare. Ma ad onta d'ogni sua cura di giustificarle, è chiaro però che son false, e che i dati ch'egli assume non sono conformi al vero. I muri non posano mai su fondamenti inconcussi, a meno che non siano innalzati sopra massi di rocce: anche quegli fondati sopra pali son bene spesso rovesciati, perchè questi pali non essendo abbastanza penetrati in un sodo terreno cedono alla spinta delle terre e s'inclinano in avanti: e può generalmente asserirsi che la maggior parte dei muri di sostegno deperiscono più per l'imperfezione dei fondamenti che per difetto di grossezza. Lo stesso dicasi quanto alla necessità di considerare il muro come una sola pietra. Questa ipotesi può solo aver qualche verisimiglianza nel caso che le calcine abbiano preso corpo, e leghino perfettamente tra loro le diverse parti delle quali un muro è composto, il che non può accadere se non dopo un lungo lasso di tempo.

Può qui notarsi che all'epoca in cui la *Scienza degli Ingegneri* comparve, i costruttori, guidati per lo più sol da una pratica cieca, e digiuni la maggior parte di matematiche cognizioni, non prestavano di leggeri fede ai principi forniti da queste scienze per le arti di costruzione. Bisognava dunque, per dar qualche credito alle teoriche, che gli uomini istrutti volevano stabilire, presentarle senza dubbiezza e togliere più che fosse possibile, quelle che nascono dall'impossibilità di rappresentare esattamente le fisiche circostanze per mezzo del calcolo. Ma lo studio delle matematiche è tanto esteso oggidì, ed è tanto perfezionata la loro applicazione alla fisica, che è divenuto all'incontro necessario di prevenire i costruttori contro le conseguenze d'una troppo cieca fiducia nei risultamenti ai quali esse conducono. La quistione poi della spinta delle terre in par-

(5) Sembra che la maggior parte degli Ingegneri non sia dell'opinione di Belidor sul discapito che egli trova dando una scarpa alla faccia interna dei muri di rivestimento, ad al contrario nelle maggior parte dei muri innalzati si ha generalmente cura di costruire questa faccia interna od a scarpa o con rilasci. È facile accorgersi che tal differenza tra il risultamento della sua teoria e il generale consenso dei costruttori deriva dall'arbitrario supposto che fa Belidor sul modo col quale si esercita la spinta delle terre. E deve infatti osservarsi che l'aumento della spinta risultante dal peso del triangolo A E D (fig. 25) è poca cosa in confronto alla spinta totale del triangolo di franamento, e che la pressione esercitata sul muro dalle terre decomponendosi in due, orizzontale l'una che tende a rovesciarlo, verticale l'altra, che tende ad accrescergli stabilità, quando il paramento interno sia foggiato a scarpa, l'aumento di stabilità che ne risulta, può, secondo le circostanze, compensare almeno l'aumento della spinta.

(6) Non posso omettere di richiamar l'attenzione su questa nuova ipotesi assolutamente contraria alla verità. Per esaminare con esattezza quanto i contrafforti sì esterni che interni accrescano la resistenza d'un muro, non bisogna supporre che la muratura sia perfettamente consolidata in un corpo; ma convien prendere in considerazione le forze che questa diverse parti oppongono alla loro separazione. Supponendo questa forza proporzionale alla superficie di rottura, e notando che bisognerà attribuirle valori diversi, secondo che questa direzione sarà perpendicolare o parallela alla superficie medesima, può rappresentarsi con equazioni la resistenza d'un muro con contrafforti di diverse specie: ma esse sono per altro di poco vantaggio nella pratica, attesa la difficoltà d'esprimere in numeri il valore della coesione delle murature, valore a tanti cambiamenti soggetto per la natura de' materiali, il genere di costruzione, il tempo scorso dall'esecuzion del lavoro, il clima e fin anche la stagione nella quale fu eseguito.

(7) Esaminando le espressioni di x, y, z, vedesi che i loro valori differiscono di poco; e che per conseguenza la forma de' contrafforti non ha alcuna sensibile influenza su la grossezza del rivestimento, e che, sotto il punto stesso di vista in cui egli la considera, la scelta di questa forma non può avere l'importanza attribuitagli da Belidor.

(8) Questa idea è stata sviluppata dal sig. Gauthey, e posta in esecuzione sul muro di spiaggia di Châlons-sur-Saône (Vedi il suo trattato delle costruzion dei Ponti tomo I. lib. II. cap. VI) pubblicato da Firmin Didot.

(9) La conclusione alla quale fu condotto Belidor paragonando la resistenza del profilo di Vauban con la forza della spinta delle terre, tal quale è indicata nella sua tavola, è giustissima, e lo è tanto più, in quanto che, come si vedrà in una nota successiva, questa tavola assegna valori troppo piccoli a tal forza, e tanto più piccoli quanto l'altezza del rivestimento è più grande.

(10) Ho seguito nella antecedenti postilla l'esposizione che fa Belidor della sua teoria su la spinta delle terre, notando le false ad arbitrarie supposizioni su le quali è fondata. Voglio però brevemente dir qualche cosa su la vera analisi di questo problema, accennando le varie opere in cui se ne potrà trovare lo sviluppo. Non mi fermerò sui particolari della sua storia, giacchè trovasi nell'opere del sig. Mayniel e a questo proposito si può altresì consultare la Memoria del sig. Prony, intitolata: *Ricerche sulle spinte delle terre*, 1802. Noterò solamente che Coulomb nel 1773 applicò pel primo convenientemente il calcolo ad un tale problema, ma che il suo lavoro parve trascurato da tutti quelli che si occupa-

rono di tal materia sino al 1794, in cui Prony rianalizzò il Probleme nella sua Meccanica filosofica, dando a questo calcolo una forma che, come vedremo, conduce ad un risoltamento di notevole semplicità ed eleganza.

Gli autori che trattarono della resistenza dei muri, immaginarono tutti, come fa il Belidor, che i muri stessi costituissero una sola massa, le parti della quale non si separino nel movimento che possono prendere cedendo alla spinta delle terre. Volendo per ora parlare solo del caso in cui il muro cede girando intorno allo spigolo esterno della sua base, è chiaro che in questo movimento deve restar su la base un prisma di muratura che non sarà sollevato col rimanente del muro, a meno che la forza di coesione dei cementi non superi l'effetto prodotto dal peso di questo prisma. Supponiamo che nel muro A C, (fig. 27) sia M D la traccia del piano che separa il prisma, e chiamiamo m la tangente trigonometrica dell' angolo A D M. Il momento della coesione sopra D M preso rispetto al punto D, sarà $\frac{1}{2}\ a^2 \left(1+m^2\right) c$, (*a*) e quello del peso del triangolo A D M preso rapporto allo stesso punto $\frac{1}{3}\ \Pi\, m\, a^3$ (*b*). L'equazion d'equilibrio sarà dunque $\frac{1}{2}a^2 \left(1+m^2\right) c = \frac{1}{3}\ \Pi\, m\, a^3$ da cui si ha $c = \frac{2}{3}\Pi\, a\ \frac{m}{1+m^2}$ ed uguagliando a zero il coefficiente differenziale di questa espressione, si ha per quel valore di m che corrisponde al massimo, $m = 1$, e quello di c è allore $c = \frac{1}{3}\ \Pi\, a$. Così l'angolo A D M è la

(*a*) Le denominazioni usitate in questa Nota del Navier sono:

1.° Per le quantità relative all'azione delle terre sul muro.

$P =$ forza orizzontale che ritiene il prisma di franamento della terre sul piano di rottura.

$Q =$ il peso assoluto di questo prisma.

$\epsilon =$ l'angolo che il piano di rottura fa con la verticale.

$\gamma =$ la forza di coesione delle terre su l' unità di superficie.

$b =$ la lunghezza della linea su la quale opera la coesione.

$f =$ il rapporto della pressione normale all' attrito nelle terre.

$\tau =$ l'angolo che ha per tangente $\frac{1}{f}$

$t =$ tang. $\frac{1}{2}\ \tau$

$\varpi =$ il specifico delle terre.

2.° Per le quantità relative alla resistenza del muro.

$a =$ la grossezza del muro (se ha scarpa, indica la grossezza press alla sommità).

$h =$ l' altezza del muro.

$d =$ la metà della distanza da un contrafforte all' altro.

$n =$ il rapporto della base all' altezza della scarpa del paramento esterno.

$n' =$ la stessa quantità pel paramento interno.

$c =$ la forza di coesione de' cementi su l' unità di superficie.

$\pi =$ il peso specifico della muratura.

(*b*) Il momento di coesione di D M rispetto a D è $\frac{(MD)^2}{2}$ ed essendo $(DM)^2 = (AM)^2 + (AM)^2$ ed $AM = AD$ tang. $ADM = a\, m$ si avrà $(DM)^2 = a^2 + a^2 m^2 = a^2 (1+m^2)$ e quindi

$$\frac{(DM)^2}{2} = \frac{1}{2}\, a^2 (1+m^2)$$

e perciò il momento della coesione sarà $\frac{1}{2}\, a^2 (1+m^2)\, c$, e quello del peso del triangolo A D M preso rapporto allo stesso punto sarà

$$\Pi\, \frac{AM \cdot AD}{2} \times \frac{2}{3}\ AD = \Pi\, \frac{a\, m \cdot a}{2} \times \frac{2}{3}\ a = \frac{1}{3}\, \Pi\, m\, a^3$$

metà d'un angolo retto, e le rottura accadrà ogni qualvolta sarà $c < \frac{1}{3} \Pi a$. Supponiamo $a = 5$ metri e $\Pi = 2400$ chil. sarà $\frac{1}{3} \Pi a = 4000$ chil. Secondo le sperienze del Rondelet (*Art de bâtir*, tom. 1,) sembra che sei mesi dopo la costruzione la forza c sia di circa 15000 chil. Se si consideri che queste esperienze furon fatte sopra cubetti di pietra isolati, e che le calcine si asciugano lentissimamente nell'interno degli strati, si vedrà facilmente che debbono passar molti mesi prima che il valore di c superi 4000 chil. e per conseguenza che calcolando in questo frattempo le resistenza del muro, non bisognerà tener conto di quella del triangolo A M D, considerabile abbastanza per influire sensibilmente su le dimensioni di questo muro. Supponiamo di fatto che sia $h = 12$ metri, il momento delle stabilità del muro sarà $\frac{1}{2} a^2 h = 150$ met. quad. ritenuto che il triangolo A M D sia incorporato con esso lui. Ma il momento di questo triangolo è $\frac{1}{3} a^3 = 41, 67$ metri quad. Dunque se esso sta isolato dal resto del muro, la resistenze di quest'ultimo trovasi diminuita più d'un quarto (*c*). La differenza sarebbe ancora più grande, se il muro avesse scarpe interne od esterne.

Quanto al caso nel quale il muro scorrerebbe su la sua base, siccome allora non ha alcune tendenza a disgiungersi, la sua resistenza è espressa da una forza orizzontale eguale al peso del muro moltiplicato pel rapporto dell'attrito alla pressione, più il valore delle coesione nell'area della base. Il caso in cui il muro scorrerebbe anzi che rovesciarsi non può darsi nella pratica che in rarissime circostanze, le quali sarà meglio prevenire con alcuni processi di costruzione che intertenersi del modo di regolare convenientemente le dimensioni di questo muro difficilissime da determinarsi in tal supposto con sufficiente esattezza.

Cerchiamo ora il valore della spinta delle terre.

Se si consideri un ammasso di terre posto dietro un muro di rivestimento, colle molecole collegate da una certa forza di coesione, e che nei movimenti a cui possono determinarsi provino scorrendo le une su le altre un certo attrito, e suppongasi che il muro cominci a cedere alquanto, si separerà un prisma di terra che rimarrà aderente al muro, non formando sino all'intero rovesciamento, che una sola massa la cui pressione basterà di per sè a determinare la rovina del muro stesso. Si potrà dunque considerarlo come un corpo solido, scorrente su la superficie di rottura (che noi supporremo piana per maggior semplicità) ove è ritenuto dalla coesione e dell'attrito. Ciò posto si avrà per valore di P nel caso dell'equilibrio l'equazione.

$$P = \frac{Q\ (\mathrm{Cos}\ \zeta - f\ \mathrm{sen}\ \zeta) - \gamma\ b}{\mathrm{sen}\ \zeta + f\ \mathrm{cos}\ \zeta} \ldots (A)\ (d)$$

alla quale sostituiti per Q, b ed f i valori che convengono alla quistione, e introdotta per le formole trigonometriche la tangente $\tau - \zeta$ può sostituirsi

$$P = \left\{ \frac{1}{2} \pi\ h^2 + \gamma\ h\ \mathrm{tang.}\ \tau \right\} \mathrm{tang.}\ \zeta + \mathrm{tang.}\ (\tau - \zeta) - \gamma\ h\ \mathrm{tang.}\ \tau \ . (B)$$

(*c*) Le esperienze del sig. Mayniel, e l'osservazione che egli fa in questi termini: « Un muro di » 20 piedi di cui si era lasciata consolidare la muratura, si ruppe a livello del suolo, formando una » linea di rottura che avrebbe potuto prendersi per la diagonale d'un quadrato avente per lato la » grossezza del muro » (Traité de la poussée des terres.) confermano pienamente la precedente teorica.

(*d*) E non $P - \frac{Q\ (\mathrm{cos.}\ \zeta + f\ \mathrm{sen.}\ \zeta) - \gamma\ b}{\mathrm{sen.}\ \zeta\ \mathrm{cos.} + f\ \mathrm{cos.}\ \zeta}$ errore evidente che trovasi in molte copie dell'edizion parigina del 1813.

e facendo variare in quest' equazione l' angolo ς, si trova pel valore che corrisponde al massimo di P, $\varsigma = \frac{1}{2}\tau$, ed il valore di P è allora

$$P = h\,tang.\,\tfrac{1}{2}\tau\left(\tfrac{1}{2}\pi\,h\,tang - \tfrac{1}{2}\tau - 2\gamma\right) \text{(C)}$$

Si può dare a questa equazione una forma più semplice osservando che se h è l'altezza alla quale le terre si sostengono da sè medesime in virtù della loro coesione, dee altresì nella stessa equazione essere $h = h_1$, e $P = o$, e quindi $\gamma = \frac{1}{4}\pi t h_1$, e

$$P = \tfrac{1}{2}\pi h t^2 (h - h_1).$$

Per far uso di questo valore di P è necessario conoscere l' altezza del suo punto d'applicazione, che trovasi facilmente eguale a

$$\frac{(h - h_1)(h + \tfrac{2}{3}h_1)}{3h}.$$

Questi valori sono generalissimi ed abbracciano tutte le circostanze del problema. Siccome poi nel caso pratico, i muri di rivestimento devono quasi sempre sostenere terre di fresco mosse, per le quali il valore della coesione è quasi nullo, si potrà supporre $h_1 = o$, il che dà per la spinta $P = \frac{1}{2}\pi h^2 t^2$, espressione dell'altezza del suo punto d'applicazione $\frac{1}{3}h$, e t allora è la tangente d'un angolo eguale alla metà di quello della scarpa naturale delle terre.

Allorquando le terre sopportate da un muro provano un sopraccarico, è facile di farlo entrare nel calcolo. Chiamato G il peso sopportato da un'unità di superficie, i valori precedenti diventano

$$P = \left(\tfrac{1}{2}\pi h + G\right) h\, t^2 \text{ ed } \frac{h\left(\tfrac{1}{3}\pi h + G\right)}{\pi h + 2G}$$

formole che si applicano a tutti gli angoli della scarpa (e).

Non sarà inutile di paragonare i risultamenti di questa analisi esatta con quelli del metodo empirico contenuto nel testo. Supponiamo $t = tang.$ 22°, 30' = 0, 414; $\pi = 1$, come ha fatto Belidor ed $h = 10$ piedi. Si troverà $P = 26, 7$ piedi quadrati, e supponendo questa forza che agisce alla distanza $\frac{1}{3}h = 3, 3$ piedi, applicata alla sommità del muro, sarà eguale a 6, 9 piedi quadrati invece di 6, 5 piedi quadrati, indicati nella tavola di Belidor. Se $h = 100$ piedi, si troverà $P = 2070$ piedi quadrati, e per questa stessa forza applicata alla sommità del muro 690 piedi quad. in vece di 564 piedi contenuti nella tavola. Questa tavola insomma offre risultamenti che non possono dirsi inesatti, per le terre che hanno una scarpa di 45°, qualora l' altezza del sostegno non sia maggiore dei 10 ai 15 piedi; ma se sorpassa un tal limite, i valori della spinta che vi si trovano indicati sono troppo piccoli.

(e) Vedi per il maggiore schiarimento di questa analisi *Le ricerche su la spinta delle terre* del sig. de Prony, o il trattato della *Costruzione de' ponti* del sig. Gauthey, tomo I. Il sig. Prony ha inoltre pubblicato nel 1802 sotto il titolo di *Istruzione Pratica sur un metodo per determinare le dimensioni dei muri di rivestimento* una formola grafica con la quale si costruiscono facilissimamente i valori di o dati dalle sue formole.

Conosciuto per ciò che abbiam detto il modo di calcolare la resistenza dei rivestimenti e la spinta delle terre, le dimensioni dei muri deduconsi immediatamente dall' equazion d'equilibrio stabilita fra le due forze. Supposto che il muro formi un sol pezzo, e trascurando i quadrati di n ed n', si troverà per la grossezza del muro

$$a = h\left\{-\left(n+\frac{1}{2}\,n'\right)+\sqrt{\frac{\pi t^2}{3\,\Pi}}\right\},$$

che riducesi, qualora il muro abbia le fonti opposte verticali, ad

$$a = h\sqrt{\frac{\pi t^2}{3\,\Pi}}.$$

Prendiamo ora in disamina i contrafforti da cui bene spesso i muri son rinfiancati.

Sia A B (fig. 28) un muro di rivestimento di tal grossezza da non poter resistere alla spinta delle terre, e rinfiancato ad intervalli dai contrafforti C, C. Presenteranno questi dei punti d'appoggio immobili su i quali si trasmetterà l'azion dalla terre nello spazio D D', facendo il muro D D' E' E la funzione di una vòlta a piattabanda della quale i contrafforti sarebbero i fianchi. Ciò posto la D D' sia per metà divisa in F, la spinta delle terre nell'intervallo DD' ha per espressione $\pi d h^2 t^2$, ed essendo tale forza distribuita sulla lunghezza di questo intervallo, può a lei sostituirsi una forza la metà minore cioè $\frac{1}{2}\,\pi d h^2 t^2$, che sarà applicata in F. Decomposta quest' ultima nelle due F E' ed F E, a sostituite a ciascuna di questa le componenti FD, HF, ed FD', FH' si avrà per valore delle componenti secondo F D ed F D' $\frac{\pi d^2 h^2 t^2}{4a}$, e quest' ultima aprirà un fesso nel muro secondo la linea DE, agendo col braccio di leva a. Ma la coesiona dei cementi opponendosi a questo effetto si avrà l' equazione d' equilibrio

$$c\,a^2 = \frac{\pi d^2 h^2 t^2}{4},$$

nella quale, conosciuta la d si potrà trovare la a, e viceversa. Sciogliendola per a si ha

$$a = \frac{dt}{2}\sqrt{\left(\frac{\pi h}{c}\right)} \text{ e scinglie ndola per } d, \text{ si ha } d = \frac{2a}{t}\sqrt{\left(\frac{c}{\pi h}\right)}.$$

La prima vorrebbe indicare che a deve crescere illimitatamente al crescere di d; ma bisogna notare che il momento della stabilità del muro, equivalendo a quello della spinta delle terre, quando $a = h\sqrt{\left(\frac{\pi t^2}{3\,\Pi}\right)}$, a non dovrebbe mai essere maggiore di questo valore. Sostituendolo in quello di d si trova

$$d = 2\sqrt{\left(\frac{c\,h}{3\,\Pi}\right)}.$$

limite che il valore di d non deve mai oltrepassare, e al di là del quale i contrafforti sarebbero inutili. E qui si noti che questo valore è indipendente della natura della terre.

Per fare un' applicazione di questo risultamento, supponiamo $\pi = 1800$ chil., $c = 2000$ chil. $d = 2,5$ metri, $h = 12$ metri, $t = 0,414$, si troverà $a = 1,7$ metri, d' onde si vede che un muro alto dodici metri, fortificato da contrafforti piuttosto grossi, e distanti gli uni dagli altri di cinque metri, sarebbe in equilibrio colla spinta della terre qualora avesse metri 1,7 di grossezza.

Può qui aggiungersi, essere necessario, perchè il muro s'apra ai punti D, H e D', che i materiali si costipino ai punti E, F ed E', e che nel nostro calcolo si trascura la resistenza da loro opposta, la qual cosa dà ad a un valor troppo grande. Supponendo in fatto che accada un tal costipamento, i centri di rotazione si troveranno trasportati nei nuovi punti e, f ed e', dalla cui posizione nascerà una decomposizione di forze più avvantaggiosa alla resistenza, e che, a norma della circostanze, potrebbe compensare quanto abbiam trascurato nel calcolo suesposto. Difatto si consideri il solido A B D, composto di

fibre rigide (fig. 29), incassato lungo la linea A B e sottoposto all'azione della forza P parallela al piano di rottura; se C è il centro di rotazione che si deve stabilire, si avrà, fatto $AB = a$, ed $AC = x$

$$r x^2 - c(a - x)^2 = o$$

da cui si ha

$x = a m$, supposto per brevità

$$m = \frac{\sqrt{(c r - c)}.}{r - c}$$

Supponiamo ora (fig. 28) i nuovi centri di rotazione delle leve ipotetiche ef, $e'f$, talmente situati, che il rapporto della distanza $E e = E f = E e'$ alla larghezza del muro sia m, le forze $\frac{1}{4}\pi d^2h^2t^2$ diverranno $\frac{\pi d^2 h^2 t^2}{a(1 - 2m)}$, e l'equazion d'equilibrio sarà

$$c(a - m)^2 + r m^2 = \frac{\pi d^2 h^2 t^2}{4},$$

da cui deducesi

$$a = \sqrt{\left(\frac{\pi d^2 h^2 t^2}{4c} - \frac{r}{c} m^2\right)} + m.$$

Ora siccome r è sempre maggiore di c, questo valore di a sarà minore del primo, che si dedurrebbe facendo $m = o$; e questo primo valore sarà effettivamente un po' troppo grande; ma non differirà dal vero se non di una quantità minore di quella che gli si dovrebbe aggiugnere perchè esprimesse una resistenza maggiore della necessaria all'equilibrio.

L'intervallo fra un contrafforte e l'altro essendo già prima stabilito, come pure la grossezza del muro nei loro intervalli, resterà soltanto a calcolare la larghezza e la coda dei contrafforti, le quali saran date dalla condizione che il momento di stabilità d'un contrafforte e dell'intervallo vicino sia maggiore di quello della spinta delle terre che agiscono dietro il muro. Potrà ritenersi il muro come unito al contrafforte, ma non si considererà come parte di muratura quel tanto che rimarrà al disotto del piano inclinato a 45° condotto per lo spigolo esterno della base.

(11) La spiegazione data da Belidor sul modo con cui si esercita la spinta delle vôlte non era nemmen nuova ai tempi della prima pubblicazione della *Scienza degli Ingegneri*, avendone Parent, De la Hire, Pitot, scritto prima di lui nelle Memorie pubblicate nella Raccolta dell'Accademia delle Scienze. Essa fu ammessa sino a questi ultimi tempi da tutti gli scienziati che si sono occupati di tale materia, ed ha servito di base alle applicazioni fatte da essi dei principii meccanici alla soluzione di diversi problemi riguardanti la teoria delle vôlte. Le osservazioni raccolte durante la costruzione de' grandi ponti fabbricati sulla fine del passato secolo, registrate la maggior parte nelle opere di Perronet, ed alcune particolari sperienze han dimostrato che questa spiegazione non si accordava cogli effetti naturali, e gettarono le fondamenta a una nuova teorica, la cui prima idea, dovuta a Gauthey fu esposta, l'anno VI nella sua Dissertazione sui guasti sofferti dal Panteon francese. Oggidì è fatto conosciuto che le parti d'una vôlta non agiscono a guisa di cunei che si mantengano in equilibrio per l'elisione delle pressioni reciproche, ma bensì che la vôlta dividesi in più parti, in ciascuna delle quali i pezzi si combaciano quasi fossero aderenti, ed operano gli uni su gli altri per punti d'appoggio, a guisa di leve inflessibili e pesanti unite con articolazioni. Daremo altrove maggiore sviluppo a tali considerazioni.

(12) Credo sarà qui inutile l'osservare che questa conseguenza dell'ipotesi stabilita da Belidor è falsa al pari della ipotesi stessa. La larghezza della teste de' cunei, non ha nulla a che fare generalmente sulla spinta della vôlta.

(13) Questa seconde conseguenza può essere modificata. In generale la spinta d'una vôlta, cresce soltanto al crescere delle sua grossezza sino ad un certo limite, al di là del quale al crescer della grossezza diminuisce la spinta, sino a diventare poi nulla.

(14) L'idea di supporre che una volta a tutto sesto si rompa da ciascuna parte alla metà del quadrante circolare, e di considerare le parte di mezzo come un cuneo che tende a rovesciare le due laterali è dovuta a Lahire che pel primo l'espose, l'anno 1712, nelle Memorie dell'Accademia. Questo modo di calcolare lo sforzo cho debb'essere dai piedritti sopportato, fu quindi generalmente ammesso e servì di norma alla calcolazione d'alcune tavole per la grossezza dei fianchi. La nuova teorica sostituì ad ipotesi precarie e pressochè false, rigorosi dettati. Non è vero che *la parte più debole d'una volta sia alla metà dei reni*; la posizione dei punti di rottura dipende dalle dimensioni della volta, e varia con esse. Quest'ipotesi è pur falsa nella ipotesi di Lahire adottata da Belidor; perchè si notò già da lungo tempo assegnare questa ipotesi ai fianchi grossezze tanto più considerabili quanto più la disgiunzione si supponeva vicina alla chieve.

(15) Per nulla omettere di ciò che può giovare alla pratica, si noti che non devesi trascurare nel calcolo della spinta d'una volta, il peso delle materie delle quali può essere sopraccaricata la sua sommità, ammeno che non siasi certi che questo peso è troppo piccolo perchè la grossezza dei piedritti ne debba in qualche parte dipendere.

(16) Quest'ultima osservazione è giusta del pari che importante. Non si verifica forse mai il caso di assegnare ai piedritti delle vôlte una grossezza minore di quella necessaria per contrabbilanciarne la spinta; succede però bene spesso che, sia per mancanza di risalto all'imbasamento, verso dove ragisce la spinta, sia per difetto di sufficiente solidità nell'imbasamento stesso, questi piedritti si fendono, o si arrovesciano. La stessa osservazione s'applica ai muri che debbono sopportare la spinta delle terre, e può senza esitare asserirsi che quasi tutti i sinistri che nascono nelle costruzioni provengono dal non essersi abbastanza posto mente a tale osservazione.

(17) La descrizione dell'elissi indicata da Belidor è più spiccia e comoda che esatta, avvegnachè le funicelle adoperate sieno sempre più o meno estendibili, e non possa darsi che la mano la tenda sempre egualmente: per la qual cosa la lunghezza del cordone varia di continuo, e la matita descrive una curva, i diversi punti della quale non appartengono tutti ad una medesima elisse.

Di tutte le costruzioni conosciute, la seguente sembra da preferirsi. Su di una retta indeterminata (fig. 59) si segni la parte ac eguale al semiasse maggiore, e la bc eguale al semiasse minore. Poi condotte le linee A B e C D ad angolo retto, si faccia movere la abc in modo che i punti a e b si trovino costantemente su due lati di questo angolo; il punto c descriverà l'elisse. Questa costruzione deducesi facilmente da un teorema di Maclaurin, ed eccone la semplicissima dimostrazione. Sia abH una delle posizioni della linea descrivente; si avrà dai triangoli simili aDb, bHI che $Db : bI :: ab : bH$, ossia $Db + bI : bI :: ab + bH : bH$ ossia chiamando A il semiasse maggiore e B il semiasse minore, x ed y le coordinate del punto H, $x : bI :: A : B$. Ma essendo $bI = \sqrt{(B^2 - y^2)}$, si avrà $Bx = A\sqrt{(B^2 - y^2)}$ ossia $B^2 x^2 + A^2 y^2 = A^2 B^2$, equazione conosciuta dell'elisse.

Questo metodo comodissimo per valersene sulla carta, e quando non abbiasi altro fine, non è egualmente vantaggioso quando vogliasi descrivere in grande l'elissi per la esecuzione delle volte. Il Sig. Prony ha dato nella decimo fascicolo del Giornale della

Scuola Politecnica, 1810, un nuovo metodo per descrivere curve di secondo ordine, perfettamente adattato al nostro caso, ed è il seguente.

Deto il semiasse maggiore C A, e il semiasse minore C B dell'elisse, si descriva, centro in C con intervallo C A, un circolo: poi si muova una squadra in modo, che uno dei suoi lati n F passando sempre pel fuoco F, il vertice n dell'angolo percorra i varii punti di questo circolo; l'altro lato della squadra n F sarà sempre tangente all'elisse. Conducendo così una serie di tangenti sufficientemente prossime le une alle altre si avrà colla maggior nettezza l'andamento della curva. Lo stesso metodo s'applica appuntino all'iperbole, e per la parabole il circolo descritto dal centro diviene una linea retta tangente alla sommità della curva.

Questa maniera di descrizione offre il gran vantaggio di non esigere un'area maggiore del rettangolo circoscritto all'elisse, e di dare immediatamente le tangenti e le normali necessarie per tracciare le linee di congiunzione dei cunei. Il Sig. Prony la dedusse dalla considerazione delle eolazioni particolari dell'equazioni differenziali, metodo senza dubbio il più diretto. Ma vo' darne una dimostrazione sintetica alla portata del maggior numero dei lettori. Supposto che $m\,n$ sia effettivamente tangente all'elisse, e che sia m il punto di contatto, congiunto questo punto coll'altro foco f, la $m\,f$ prolungata incontrerà in O la F n pure prolungata, $f\,o$ sarà eguale all'asse maggiore, ed n o ed n F (il che nasce immediatamente dal metodo conosciuto dagli antichi per condur la tangente all'elisse); ora condotta la C n è chiaro che i triangoli fO F, C n F saran simili, i lati C F ed F n del primo essendo le metà di F f ed F O del secondo: dunque Cn è pure la metà di fO, e quindi eguale al semiasse maggiore, ed il punto n si trova sul circolo descritto dal punto C come centro, col semiasse maggiore per raggio. La stessa dimostrazione s'applica alle altre curve del secondo ordine.

A questa costruzione può sostituirsi un semplicissimo processo di calcolo, ch'io qui adoprerò in vece di quello adoperato da Prony. Chiamate x l'ascissa A p del punto di contatto, cominciando dalla sommità, ed A e B i semiassi, si ha la sottangente

$$p\,T = \frac{2\,A\,x - x^2}{A - x}.$$

Chiamate a e b le distanze A t ed A T, si troverà di leggeri, ricordandoci che

$$a = \frac{B^2}{A^2}\,\frac{A\,x}{\sqrt{(2\,A\,x - x^2)}},\; b = \frac{A\,x}{A - x};\; y^2 = \frac{B^2}{A^2}\,(2\,A\,x - x^2),$$

eliminando la x da queste equazioni si avrà

$$b = \frac{2\,A}{\frac{B^2}{a^2} - 1}.$$

Si noti ora che i triangoli simili A t T e D t' t danno, chiamata k la distanza D t', $b = \frac{a\,k}{B - a}$: e ponendo questo valore di b nelle formole superiore si dedurrà

$$k = \frac{2\,A}{\frac{B}{a} + 1}$$

Col mezzo di questa formola, si determinerà il punto t', in cui la tangente taglia la parallela all'asse maggiore B D, quando sia dato il punto t, in cui taglia la parallela all'asse minore A D. E si potrà determinare la posizione del punto di contatto col valersi della distanza $m\,t$ che io nomino l, e la di cui espressione è:

$$l = A\,\frac{\sqrt{(a^2 + b^2)}}{a + b},\text{ oppure } l = A\,\frac{\sqrt{((B - a)^2 + k^2)}}{B - a + k}.$$

(18) Vedesi che Belidor suppone accadere la rottura delle vôlte scéme nel punto posto ad eguale distanza dal vertice e dalle imposte. Tale supposizione è contraria e falsa tanto per queste vôlte quanto per quelle a tutto sesto. Vedi la nota 14.

(19) Essendo la soluzione di questo problema fondata come tutte le altre, su la pretesa analogie d'una volta con un sistema di cunei pesanti, non ha alcun rapporto con quanto realmente accade in natura. Vedremo altrove come si risolva il problema della costruzion d'una volta senza spinta. Noterò solamente avere il Sig. Prony dimostrato che introducendo nell'equazione d'equilibrio d'un sistema di cunei l'ipotesi dell'attrito fra le loro facce, si ottiene un valore finito pel peso de'cunei alle origini. (V. la nuova Architettura Idraulica, parte 1.ª p. 161 pubblicata da Firmin Didot).

(20) Può sostituirsi el ragionamento un po'lungo di Belidor, per provare l'identità della catenaria colla curva d'equilibrio di cunei infinitamente piccoli, una considerazione più semplice e che più salta all'occhio, osservando che la condizion d'equilibrio da cui dipende la forme della catenaria è che su ciascun punto della curva agiscano egualmente due forze dirette in senso contrario, e che la condizion necessaria per l'equilibrio dei cunei e che ciascun punto trovisi egualmente spinto da due forze in senso opposto dirette. Ora queste due condizioni scrivonsi nello stesso modo, e guidano necessariamente alla medesima equazione. Tutto il ragionamento poi riducesi ad una semplice astrazione nè pel calcolo della vôlte può ammettere applicazione veruna.

(21) Questa tavola fu pubblicata dal Gauthier nel 1727, in una *Dissertazione su la grossezza delle spalle de' ponti.* Ha per base una regola di Leon Battista Alberti, che assegna alla lunghezza de'cunei la quindicesima parte dell'apertura dell'arco. Questa regola, come può di leggieri comprendersi, non ha alcun fondamento. La tavola seguente indica 8 piedi per la lunghezza de'cunei delle volte di 120 piedi d'apertura, come quelle del ponte di Neuilly; la grossezza di queste volte è di soli 5 piedi.

NOTA

SU LA TEORICA DELLE VOLTE

(22) La teorica delle vôlte sviluppata da Belidor nel Secondo Libro, e la prima idea della quale, come abbiam detto, è dovuta a Lahire, fu universalmente adottata sino a questi ultimi tempi. La vera analisi del problema fu pubblicata la prima volta nel 1809, nel *Trattato di Costruzione dei Ponti*, lib. II Cap. IV. Ma era stata indicata fino dall'Anno VI (1797) nella *Dissertazione su i guasti del Panteon francese* del Gauthey e confermata alcuni anni dopo da varie esperienze del Boisterd. Queste sperienze citate come manoscritte nel *Trattato di Costruzione dei Ponti* l. c. furono nel 1810 stampate nella seconda parte della *Raccolta delle Memorie estratte dalla Biblioteca di Ponti e Strade* del Sig. Lesage, 2.ª edizione. Trovansi pure in questa stessa Raccolta parecchie tavole sulla grossezza delle spalle della vôlte, calcolate da Perronet e Chezy, a norma dell'ipotesi di Lahire, ammettendo per le vôlte policentriche, dette dai Francesi *a manico di cesto*, che il punto di rottura non sia alla metà, come suppone Belidor, ma al punto di congiungimento degli archi, essendo questa volta formata da tre archi di circolo di 60° cadauno. Queste tavole trovansi nel *Corso di Costruzione* dello Sganzin (*a*). Quanto alla

(*a*) Quest'opera già tradotta ed illustrata di Note e Supplimenti per cura del chiaro giovine Ing. Cadolini, forma il primo volume della Collezione. — *N. del T.*

storia delle diverse indagini su la Teorica delle Vôlte, mi riporterò al *Trattato della Costruzione de' Ponti* l. c. Riprenderò qui intanto l'analisi delle vôlte a botte, di quelle cioè nelle quali la superficie dell'estradosso o dell'intradosso sono cilindriche.

Sia data (fig. 71) la volta A C *a*, e supponiamo che sia in equilibrio. La forma dell'intradosso A B *a* essendo data, e supposto, come fa Belidor, che i cunei siano posti a secco gli uni su gli altri, fatta astrazione dall'aderenza dei cementi, le condizioni di questo equilibrio dipendono evidentemente da un certo rapporto fra il peso della parte superiore e quello delle inferiori, e questo rapporto ci proponiamo difatto trovare, per conoscere le relazioni che devono sussistere tra la sua grossezza alla sommità, l'altezza la grossezza da' suoi piedritti.

Supponiamo che da ciascun piedritto E A ed *e a*, si tagli una parte E D' ed *e'd*, che diminuirà il loro peso e la resistenza quindi di cui sono capaci. Di mano in mano che le D'E', *d'e'* si scosteranno da D E, *d e*, la forza del piedritto diminuirà, e queste linee orriveranno a tale posizione, che questa forza non potrà più far equilibrio al peso della parte superiore della volta e la vôlta crollerà. Supponiamo che le D' E' *d' e'* si fermino in quella posizione che si conviene all'equilibrio, o variata la quale i piedritti divengano più del necessario deboli o forti; in queste ipotesi la vôlta sarà vicina a rompersi.

Questa disposizione alla rottura che in null'altro consiste fuorchè in uno scongiungimento, o in un principio di separazione tra le parti superiori e le inferiori della volta, sarà da ciascuna parte annunciato dall'apertura d'una giunta nè reni, posta per esempio in K L ed in *k l*, sicchè la parte superiore K C *k* eserciterà da ciascun lato una certa pressione contro K L e *k l*. Ora è manifesto che questa pressione, qualunque sia, non può tendere a separare i piedritti in un punto qualunque della loro altezza, ma può soltanto farli girare intorno agli spigoli esterni D' a *d'* della loro base, ad è facile persuadersene; perchè supponendo il piano K L spinto da un certa forza, e paragonando il momento di questa forza con quello della stabilità del piedritto, ammesso che questo piedritto si rompa secondo alcuna delle giunture comprese tra K L ed A D', si comprenderà di leggieri che il momento della forza crescerà rispetto a quello del peso del piedritto, a misura che la linea di rottura sarà più bassa, e che il primo momento sarà il massimo rispetto al secondo, quando questa linea sarà in A D'. Dunque le parti inferiori D' L e *d' l* formeranno una sola massa nella rottura delle volta girando intorno ai loro spigoli esterni D' e *d'*.

Supponiamo adesso che la vôlta abbia cominciato a rompersi, e le parti inferiori si siano alquanto arrovesciate, sicchè i punti K e *k'* abbiano descritto tre piccoli archi di circolo intorno ai punti D' a *d'* come centri, e vediamo ciò che accadrà nella parte superiore K C *k*. Se questa parte fosse composta d'una sola pietra, discenderebbe, nel movimento delle parti inferiori, verticalmente strisciando contro gli spigoli K e *k* e l'attrito suo su questi spigoli, s'opporrebbe a questo movimento e apporterebbe alla caduta della vôlta una resistenza che accrescerebbe la stabilità del piedritto. Se la parte superiore della vôlta fosse formata di due pietre combaciate in B C, la cosa andrebbe altrimenti; e spostandosi i due spigoli K a *k* per l'effetto del movimento rotatorio dei piedritti, le due pietre anzichè strisciare contro gli spigoli, seguirebbero il loro movimento appoggiandosi l'una contro l'altra in C. Basta per convincersene il notare che per tale movimento il centro di gravità comune delle parti K C e *k c* discende più facilmente collo spostamento delle parti inferiori, che non quando queste due pietre riunite in una sola scorressero su gli spigoli K e *k*; e da questa condizione deve appunto essere determinata la natura del movimento della parte superiore della vôlta. Vedesi inoltre che tolto lo strisciamento l'attrito non dovrà aver alcuna parte nelle resistenza del piedritto. Ammesso finalmente che questa parte superiore sia divisa in un numero qualunque di cunei, ricadremmo nel

caso precedente, perchè nel movimento di ciascuna delle due parti KC e kC, i cunei che le compongono, sottoposti alle pressioni esercitate dal punto C ai punti K e k, tenderebbero a mantenersi aderenti gli uni agli altri come un sol corpo, a guisa degli strati di muratura formanti un piedritto allorquando essi girano intorno agli spigoli D e d.

Nasce da quest' analisi, che nel momento in cui la vôlta è vicina a rompersi, ella si separa in quattro parti, delle quali le inferiori posano sulle loro basi cogli spigoli D' e d', e le superiori posano su le inferiori cogli spigoli K e k appoggiando si altresì l' una contro l'altra in C. Accadendo la rottura, queste parti ruoteranno intorno ai cinque spigoli, come su cerniere, sino a tanto che i punti K e k siansi talmente scostati, che la loro distanza orizzontale sia diventata eguale alla somma delle K C e k c. Allora non essendo più sostenuta la parte superiore, piomba verticalmente, e la volta interamente crolla. Congiunti gli spigoli che servono d' asse a questi movimenti rotatorj colle D'K, KC, kd', kC, si potranno considerare queste linee come leve girevoli intorno ai loro estremi, e caricate ciascuna del peso della volta corrispondente, ed è chiaro che le condizioni d'equilibrio di queste leve, saranno perfettamente le stesse di quelle della vôlta, sicchè bisognerà immaginare che il peso della parte superiore K C k decomposto nella direzione delle C K e C k sia una forza applicata all'estremità K e k delle leve D'K e $d'k$, che tende a farle rotare in senso opposto intorno ai punti fissi D' e d', mentre il peso delle parti inferiori D'E', d' e' tenda a far rotare queste stesse leve all'indentro, e dall' equilibrio di queste forze dipende la stabilità della vôlta. I luoghi poi di rottura K e k, son posti laddove la volta è più debole, o piuttosto laddove il momento delle pressioni esercitate in K e k, che tendono a rovesciare i piedritti D' L', d' l', presi rispetto ai punti fissi D' e d' è il massimo rispetto al momento del peso di questi piedritti riferito agli stessi punti.

Suppongasi adesso (fig. 72) che invece di diminuire la grossezza dei piedritti quella si diminuisca della volta, descrivendo la curva punteggiata L'C' l'. Per questa diminuzione l'angolo formato dalle KC e kC, che diventano KC' e kC' diminuirà, e cresceranno in pari tempo le pressioni esercitate dal peso superior della volta secondo le direzioni di queste linee. Aggiungasi che le medesime formando un angolo maggiore colle D K e dk, la forza colla quale queste pressioni tenderanno a far rotare le parti inferiori intorno ai punti D o d, crescerà, sicchè potrà accadere che quantunque il valore assoluto del peso della parte superiore K C' k sia diminuito al diminuire del peso delle parti inferiori D L', d L'; siasi accresciuta la spinta della volta, e che quindi al di là d' un certo limite la volta non possa più reggersi.

Supponiamo adesso che s' aumenti la grossezza della vôlta prolungando le LK e lk sino all'incontro della curva punteggiata L'' C'' l''. Al cambiarsi delle linee CK e C k nelle C'' K e C'' k, diminuirà la spinta della volta; ma il peso assoluto della parte superiore crescendo in ragione maggiore del crescere dei piedritti, il che tende ad accrescere la spinta, e compensa, la forma della volta può essere tale che la spinta aumenti all' aumentar della sua grossezza, e che al di là d' un certo limite, questa spinta divenga maggiore della resistenza dei piedritti.

Dunque, in generale, data la grossezza d' una volta, è pur dato il limite inferiore della grossezza dei piedritti, e viceversa data la grossezza dei piedritti sono pur dati i limiti inferiori e superiori della grossezza della vôlta.

Può darsi inoltre il caso in cui l' effetto della spinta non sia di rovesciare le parti inferiori facendole rotare intorno allo spigolo esterno della loro base. Di fatto la pressione esercitata secondo la linea K D essendo inclinata su gli strati della parte inferiore, si decompone al punto d' incontro in due forze, perpendicolare l' una a questi strati ed elisa dalla resistenza dalla pietra, l'altra parallela agli stessi strati, e che tende a far scor-

rere la parte superiore su di essi; sicchè qualora possa questo scorrimento effettuarsi, e l'attrito e l'aderenza dei cementi non oppongano una valida resistenza, accadrà la rottura della volta. È chiaro che nell'equilibrio della volta sotto questo nuovo aspetto considerato, la posizione delle linee di rottura non sarà quella del primo caso; ma troverannosi laddove lo sforzo delle parti superiori sarà il massimo rispetto alla resistenza che le parti inferiori gli oppongono.

Se ben si osservi l'insieme di una vôlta, si vedrà di leggieri quali movimenti vi si possano manifestare, ed in qual modo debbansi stabilire le condizioni d'equilibrio. Per altro l'errore in cui incorsero Lahire e Parent, aveva talmente abbagliati gli animi, che soltanto dopo molte accurate osservazioni e speciali esperienze si riconobbe accadere tali movimenti come noi gli abbiamo descritti. Siccome poi queste operazioni e queste esperienze trovansi circostanziate nelle opere da noi citate, risparmierò di qui riferirle tanto più che a niente altro servirebbero che a confermare i risultamenti da me ottenuti e che nessuno omai revoca in dubbio. Mi limiterò dunque a sviluppare questi risultamenti, esponendo le soluzione de' principali problemi che risguardano le vôlte.

I.

Data una vôlta determinare la posizione delle linee di rottura, nel caso in cui i piedritti possano rovesciarsi.

Sia data una vôlte ACa (fig. 73), nella quale vogliansi trovare le linee L K ed lk di rottura nei reni, qualore i piedritti fossero troppo deboli. Si conducano le DK, Ck, dk e Ck che saranno le direzioni delle quattro leve le quali dovranno girare su i punti D, K, C, k, d e caricate rispettivamente dei pesi delle porzioni delle vôlte corrispondenti: consideriamo soltanto una metà della vôlta; e si dica μ il peso della parte DK ed μ' quello della parte CK.

Siano x' ed y' le distanze orizzontali e verticali del punto K, el punto fisso D; ed x'', y'' quella del punto C dal punto K. Essendo M ed N i punti in cui le verticali, passando pei centri di gravità delle porzioni di vôlta DK e KC incontrano le leve, siano a' la distanze orizzontale dal punto M al punto D, ed a'' quella del punto N al punto K.

Una parte del peso μ'' sospeso in N, è portata dal punto K, ed ha per espressione

$$\mu'' \frac{CN}{CK} = \mu'' \frac{x'' - a''}{x''}.$$

Un'altra parte è portata dal punto C, ed ha per espressione

$$\mu'' \frac{NK}{CK} = \mu'' \frac{a''}{x''}.$$

La parte CK della vôlta caricando il punto C d'un peso eguale a quest'ultimo, lo stesso punto si troverà in totale caricato del peso $2\mu'' \frac{a''}{x''}$, che decomposto secondo le linee CK, Ck dà per valore delle sue componenti

$$\mu'' \frac{a'' \sqrt{(x''^2 + y''^2)}}{x'' y''}$$

Supposto quest'ultima forza applicata in K, può essere sostituita da due altre, una orizzontale eguale ad $\mu'' \frac{a''}{y''}$, e l'altra verticale eguale ad $\mu'' \frac{a''}{x''}$. Inoltre la parte del peso μ' sospeso in M portata dal punto K è

$$\mu' \frac{DM}{DK} = \mu' \frac{a'}{x'}$$

Così l'estremità K della leva DK, trovasi sottoposta alla forza verticale

$$\frac{\mu' a'}{x'} + \frac{\mu''(x''-a'')}{x''} + \frac{\mu'' a''}{x''} \; \frac{\mu' a'}{x'} + \mu,$$

che tende a mantenerlo nella sua posizione, ed alla forza orizzontale $\mu'' \frac{a''}{y''}$, che tende a rovesciarlo. Il momento di questa forza preso rispetto al punto D è

$$\mu'' \frac{y'}{y''} a''; \qquad (A)$$

quello dalla prima, preso rispetto allo stesso punto, è

$$\mu' a' + \mu'' a''; \qquad (B)$$

e la posizione delle linee di rottura KL e kl dipende dal rapporto dei due momenti (A) e (B); queste linee saranno situate nel luogo della volta, ove il momento (A) sarà il massimo rispetto al momento (B). Così, facendo diverse ipotesi su la posizione del punto K, e calcolando per ciascuna il valore di questi due momenti, si troverà la posizione delle linee di rottura paragonando questi due valori, e scegliendo il punto in cui il rapporto della prima alla seconda è il massimo.

Perchè la vôlta possa mantenersi in equilibrio, bisogna che il momento (B) sia dappertutto maggiore di (A).

La posiziona del punto di rottura è dato bene spesso dalla forma della vôlta. Nella circolare, per esempio, data dalla fig. 74 le linee di rottura son situate in KL e kl, e potransi far variare in limiti assai estesi la grossezza dei piedritti, quella della vôlta, e la saetta dell' arco KBk, senza che le linee di rottura cambino di posizione.

In una vôlta in piattabanda, il punto di rottura è sempre là dove si congiunge la piattabanda col piedritto.

II.

Data una volta, determinare la posizione delle linee di rottura, nel caso in cui le parti inferiori scorranno sui piedritti.

Bisogna notare, nel caso che le parti inferiori dovessero cedere sdrucciolando, che la separazione dee farsi in EF ed ef (fig. 75) alle imposte; perchè ivi soffre il piedritto una minore pressione che in tutte le altre parti, e quindi l' attrito oppone una minor resistenza. Ciò premesso, supposto LK ed lk le linee di rottura, il sistema delle leve FK, KC, fk, kC, che possono rotare intorno ai punti K, C, k, e sdrucciolare su le orizzontali EF, ef, rappresenterà il sistema della vôlta. Sia $\mu_{,}$ il peso dalla porziona FK, $\mu_{,,}$ quello della porzione KC; $x_{,}$ $y_{,}$ le distanze orizzontale e verticale del punto K al punto F; $x_{,,}$ ed $y_{,,}$ le stesse distanze del punto C al punto K; $a_{,}$ ed $a_{,,}$ le distanze orizzontali ai punti F e K dei punti d' incontro M ed N delle verticali che passano pel centro di gravità di $\mu_{,}$ ed $\mu_{,,}$ colle leve FK e KC, si troverà come nel Problema I, che la parte superiore della vôlta esercita nel punto K una pressione diretta nel senso CK, che equivale ad una forza orizzontale rappresentata da $\frac{\mu_{,,} a_{,,}}{y_{,,}}$, e ad una forza verticale rappresentata da $\mu_{,,}$. De un' altra parte la leva FK è caricata del peso $\mu_{,}$. Scomponendo le tre forze nella direzione di questa leve, e sommandole, si avrà pel valore della pressione esercitata nel senso KF,

$$\left\{\mu_{,} x_{,} + \mu_{,,} \left(1 + a_{,,} \frac{y_{,}}{y_{,,}}\right)\right\} \frac{\sqrt{x_{,}^2 + y_{,}^2}}{x_{,} y_{,}}$$

Questa forza, supposta applicata nel punto F, vi si decomponga in due altre, orizzontale l'una, e diretta nel senso FE, che tende a far scorrere, e il valor della quale è

$$\left(\mu_{,} x_{,} + \mu_{,,} \left(1 + \alpha_{,,} \frac{y_{,}}{y_{,,}}\right)\right) \frac{1}{y_{,}}; \quad (C)$$

l'altra verticale, il cui valore è

$$\left(m_{,} x_{,} + \mu_{,,} \left(1 + \alpha_{,,} \frac{y_{,}}{y_{,,}}\right)\right) \frac{1}{x_{,}};$$

e l'attrito prodotto da quest'ultima forza, forma la resistenza della volta. Chiamato f il rapporto della pressione normale all'attrito, avremo per espressione di questa resistenza

$$f \left\{ \mu_{,} x_{,} + \mu_{,,} \left(1 + \alpha_{,,} \frac{y_{,}}{y_{,,}}\right) \right\} \frac{1}{x_{,}}, \quad (D)$$

sicchè la posizione delle linee di rottura dipenderà dal rapporto delle due forze (C) e (D), e le linee di rottura saranno là dove la prima sarà la massima rispetto alla seconda.

Se vogliasi prendere in considerazione la resistenza allo scorrimento derivante dall'aderenza dei cementi, chiamata g la forza d'aderenza sull'unità di superficie, ed a l'area della faccia FG, la resistenza sarà rappresentata da ga, e sommata questa con quella dell'attrito, si avrà per resistenza totale

$$f \left\{ \mu_{,} x_{,} + \mu_{,,} \left(1 + \alpha_{,,} \frac{y_{,}}{y_{,,}}\right) \right\} \frac{1}{x_{,}} + g\,a. \quad (E)$$

Dipenderà allora dal rapporto delle espressioni (C) ed (E) la posizione delle linee di rottura, che saranno là dove il valore della forza (C) sarà la massima rispetto alla forza (E). Quanto alle espressioni numeriche delle costanti f e g, si possono nella pratica assumere $f = 0{,}76$; $g = 6960$ chilogrammi, essendo il metro quadrato l'unità di superficie (V. a tale proposito il *Trattato della costruzione dei Ponti*, lib. II, cap. III).

III.

Data una volta, determinare la grossezza de' suoi piedritti, perchè resistano alla spinta, qualora possano essere rovesciati.

Sieno dati (fig. 93) l'intradosso della volta e la sua grossezza BC, come pure l'altezze dei piedritti, e si tratti di conoscere la loro grossezza AD ed ad.

Egugliando le espressioni dei due momenti (A) e (B), si ha l'equazione

$$\mu'\alpha' + \left(1 - \frac{y'}{y''}\right) \mu''\alpha'' = 0 \quad (F)$$

che esprime le condizioni necessarie all'equilibrio d'una volta, supposto in K il punto di rottura. È chiaro potersi la AD determinare in modo, che in tale supposto, rimanga soddisfatta questa equazione.

Per fare questa determinazione, si farà un'ipotesi su la posizione del punto K; e saranno in allora date le quantità x', y', x'', y'', α'' e μ''. Si esprimeranno le altre quantità α' e μ' in funzione della grossezza AD, e, sostituiti tali valori nella (F), si avrà un'equazione fra AD e le quantità cognite, che sarà del secondo grado, e da cui si caverà il valore di questa quantità. Fatta quindi una seconda ipotesi sulla posizione del punto K, si otterrà nello stesso modo un secondo valore per AD, e così di seguito. Il massimo tra gli ottenuti valori di AD sarà la grossezza cercata, e la posizione corrispondente del punto

K sarà quella delle linee di rottura. (Vedi per le applicazioni numeriche il Trattato della Costruzione dei Ponti.)

È facile il concepire che può applicarsi un tale processo ad ogni specie di volte, qualunque sia la loro forma.

IV.

Data una volta, determinare la resistenza delle sue parti inferiori, nel caso in cui possano scorrere su i piedritti.

Questo problema è analogo al precedente, e si risolverà nella stessa maniera. Eguagliando le forze (C) e (D), o le forze (C) ed (E), se si prenda in considerazione l'aderenza dei cementi, si avrà o l'una o l'altra di queste equazioni d'equilibrio

$$\left(\frac{1}{y_{,}} - \frac{f}{x_{1}}\right)\left\{\mu_{,}x_{,} + \mu_{,,}\left(1 + a_{,,}\frac{y_{,}}{y_{,,}}\right)\right\} = 0,$$

$$\left(\frac{1}{y_{,}} - \frac{f}{x_{,}}\right)\left\{\mu_{,}x_{,} + \mu_{,,}\left(1 + a_{,,}\frac{y_{,}}{y_{,,}}\right)\right\} - g a = 0$$

che dovran esser soddisfatte perchè possa reggersi la volta. E però, fatta una ipotesi sulla posizione del punto K, per cui si avranno le quantità $\mu_{,,}$, $x_{,,}$, $y_{,,}$ ed $a_{,,}$ si esprimeranno le altre quantità, sia in funzione della grossezza F G $= a$, della volta all'origine (fig. 75), se si vuol far variare questa grossezza, sia in funzione dell'altezza d'una parte di muratura da cui può essere caricata la faccia F G; l'equazione (G) darà il valore di quella grossezza o di quell'altezza che spetta all'equilibrio. Fatte nel modo stesso diverse ipotesi su la posizione del punto K, si avranno altrettanti valori corrispondenti per la quantità da cui dipende la resistenza della volta. Il massimo di questi valori dovrà adottarsi perchè le parti inferiori possano resistere alla spinta delle superiori.

V.

Data una volta, determinarne la massima e la minima grossezza.

La complicazione della formole e le quantità trascendenti introdotte per la natura del circolo non permettendo di scingliere direttamente questo problema, si andrà a tentone, come si è fatto nei precedenti. Ripresa l'equazione (F), si faranno, partendo dallo zero, parecchie ipotesi su la grossezza B C della volta, e si fisserà per ciascuna la grossezza corrispondente A D, che devono avere i piedritti, mediante il problema III. Le grossezze dei piedritti formeranno una serie di numeri, che, generalmente, andranno diminuendo dall'infinito, sino ad un certo valore finito che sarà il loro minimo, ed aumenteranno poi da questo minimo sino all'infinito. Se il minimo della grossezza dei piedritti si trovasse maggiore della grossezza data A D, dovrà conchiudersene che la volta non può reggersi, sia qual vuolsi il valore dato a B C. Ma se il minimo della grossezza dei piedritti è minore di A D, è chiaro doversi nella serie dei valori di questa grossezza trovarne due che saranno eguali ad A D. I valori corrispondenti di B C saranno i due limiti cercati.

Nel caso in cui la spinta delle volta, tendesse a far scorrere le parti inferiori, si adoprerebbe un processo assolutamente simile, facendo uso dell'equazione di equilibrio (C) e del problema IV.

VI.

Data una volta determinare se possa o no sopportare un dato peso.

La soluzione di questo problema non può offrire difficoltà di sorta dopo ciò che abbiam detto. Si osservi prima di tutto, che dipendendo la posizione delle linee di rottura dai pesi rispettivi di cui son caricate le quattro leve, il sistema delle quali rappresenta la volta, questa posizione varia al variare del rapporto di questi pesi.

Ciò posto, si faranno diverse ipotesi su le posizione delle linee di rottura, e calcolando dietro queste ipotesi i pesi portati dalle leve, si vedrà se questi pesi rendano il momento (B) > (A), condizione senza cui non può reggersi la volta.

Per darne qualche esempio, sia la volta A C a (fig. 76) caricata d' un certo peso di materiali, muratura, terre, ec. I pesi delle parti superiori aumentando in un rapporto maggiore di quello delle parti inferiori, è chiaro che la spinta aumenterà. Supponendo i luoghi di rottura in K L e $k l$, bisognerà verificare se sia sempre il momento (B) maggiore di (A), supponendo che il peso μ', di cui è carica tale leva D K, sia aumentato del peso E G, che corrisponde al piedritto, e che μ'', di cui è caricata la leva K C, sia aumentato del peso L F, che corrisponde alla parte superiore. E siccome l' effetto di tal sopraccarico quello si è in generale di far rimontare i luoghi di rottura verso la chiave, bisognerà fare particolarmente questa verificazione, prendendo il punto K al di sopra della posizione che avrebbe se non fosse sopraccaricata la volta. Si avrà inoltre in tale operazione riguardo alla posizione del centro di gravità dei pesi portati dalle leve, risultanti dalla addizione dei carichi E G ed L F.

Se il carico, anzichè essere ripartito su tutta le lunghezza delle volta, fosse posto solamente alla sommità, (fig. 77) aumenterebbe ancora la spinta. Ma qui la resistenza dei piedritti non riceverebbe alcun aumento. Bisognerebbe dunque, ponendo le facce di rottura in un luogo qualunque K L, esaminare se μ' rappresentando solamente il peso della porzione della volta D L, il momento (B) trovisi sempre maggiore di (A), supponendo che μ rappresenti il peso delle porzione KC, aumentato della metà di quello del carico CF, essendo il centro di gravità μ'', avvicinato alla sommità, in ragione del rapporto del peso C K a quello di C F.

Nella maggior parte delle volte, segnatamente in quelle dei ponti, si caricano i reni di un pezzo di muratura E F C, efc (fig. 78). Se le volta è a tutto sesto, o poco sceme, queste muratura aumenta pochissimo il peso delle parti superiori, ed essendo quasi interamente portata dalle parti inferiori, non aumenta la spinta, sicchè la sua eggiunte, non richiede accrescimento alcuno nella grossezza dei piedritti, e qualche volta anche permetterebbe di diminuire questa grossezza, se fosse costruita prima di aver tolto la centina alla volta. Ma non così per le volta molto sceme, segnatamente per quelle ed erco di circolo.

L' aggiunta del pezzo E F C, $e f c$, aumentando in proporzione molto più i pesi delle parti agenti che quelli delle resistenti, la spinta aumenterebbe (fig. 79). Bisognerebbe adunque verificare, nel modo più sopra indicato, se l'aumento di questa spinte non renda il momento (A) > (B), e se ciò eccedesse, aumentare convenientemente la grossezze dei piedritti.

Se il carico addizionale posasse solo sui piedritti, è certo che non produrrebbe altro effetto fuor quello d' aumentare le loro resistenza; così, e non si avrebba più a temere che la spinta crescesse, e potrebbe ancora diminuirsi la grossezza dei piedritti, nei quali l' aumento del peso supplirebbe alla diminuzione del braccio di leva.

Ma se questo carico, benchè posi soltanto su le parti resistenti, e non possa per conseguenze accrescere la spinta della volta, fosse tale che il suo centro di gravità cadesse al-

l'indentro tra i punti A ed a (fig. 80), ne potrebbe produr la rottura per un effetto di cui non ho ancora parlato, e che però non deve essere passato sotto silenzio. Indichino K L e $k\,l$ i luoghi, ne' quali devo accadere la separazione delle parti superiori ed inferiori. Le parti A E, $a\,e$, tendendo a cadere all' indentro, girando intorno ai punti A ed a, i punti L ed l tenderebbero a ravvicinarsi. Se la porzione della volta K C k, fosse d' un sol pezzo, per effetto di tale avvicinamento si solleverebbe verticalmente scorrendo su gli spigoli L, l. Supponendola di due pezzi separati in CB, questo scorrimento non accadrebbe, e i due pezzi si solleverebbero appoggiandosi l' un contro l'altro in B, e spingendo contro le parti inferiori in L, l. Questo movimento continuerà sino a tanto che le parti A E, $a\,e$ abbiano presa tale inclinazione, che succeda la caduta totale della volta. Sicchè, se congiungansi gli assi di rotazione A, L, B, l, a con linee rette, il sistema delle quattro leve A L, L B, $a\,l$, l B, ciascuna delle quali serà caricata del peso della porzione della volta corrispondente, rappresenterà il sistema della volta. La considerazione di questo sistema condurrà ad una equazione d' equilibrio analoga all' equazione (F), e che dovrà esser soddisfatta, perchè possa reggersi la volta. Bisognerà dunque esser certi, nel caso in cui i reni della volta sopportassero un carico addizionale considerevolissimo, che la sua grossezza basti perchè là volta non si rompa, e la sommità non si innalzi per questo carico. La posizione dei punti di rottura è data in tal caso dalla condizione che ivi il momento (B) sia il massimo rispetto al momento (A), condizione necessaria perchè sussista il nuovo equilibrio da me considerato, e resti il primo sempre più piccolo del secondo.

Finalmente potrebbe darsi (fig. 81) che la volta portasse un fluido la cui pressione fosse perpendicolare alle superficie. Bisognerebbe allora, supponendo il luogo di rottura posto in K L, determinare la pressione sopportata da D L, e diretta secondo una linea pq. Si comporrà quindi questa forza col peso μ' della porzione D K, e il momento della risultante di queste due forze, preso rispetto al punto D, sarà sostituito a quello già rappresentato da $\mu'\,a'$. Si farà una simile operazione per la parte superiore K C, cioè si cercherà il valore della pressione esercitata sopra L C, e che sarà diretta secondo una linea st; poi si prenderà la risultante di questa forza e del peso μ'' della porzione della volta K C. Questa risultante, nel punto in cui incontra la leva K C, potrà essere decomposta in due forze, orizzontale l' una, che sarà elisa da una forza eguale somministrata dall' altra metà della volta, e l' altra verticale che sostituirà il peso μ', considerato nel Problema I. Si esaminerà dunque, se la spinta risultante dall'azione di questa forza verticale non renda il momento (A) $>$ (B), il che non lascerebbe sussistere l' equilibrio nella volta.

Se vi fosse dell' acqua non solamente fuori della volta, ma entro, come accade per le volte dei ponti, l'effetto di questo fluido quello essendo di diminuire il peso specifico delle parti della volta che vi sono immerse, bisognerà aver riguardo a questa circostanza.

Ho supposto in ciò che precede che la spinta della volta tenda a rovesciare le parti inferiori. S' ella tendesse a farla scorrere, si farebbero per esaminar l'effetto d'un carico addizionale, considerazioni analoghe alle su esposte o solo dovrebbesi aver riguardo alle altre condizioni d'equilibrio indicate nei problemi II e IV.

È facile il vedere da ciò che precede, come si potrebbe stabilir l' equilibrio in una volta che ne mancasse, senza cangiar nulla alle sue dimensioni; vi si perverrebbe aumentando convenientemente con carichi addizionali il peso delle parti che tendono a sollevarsi od a scorrere.

VII.

Dato l'intradosso d'una volta, su la quale non si esercita alcuna spinta, determinarne l'estradosso.

Sia dato l'intradosso A B *a* d'una volta (fig. 82), e la direzione degli spigoli de' cunei, e supponiamo che la rottura accada in un lungo qualunque K L. È certo che il peso della porzione K C non produce spinta, se il suo centro di gravità non cade tra i punti K e C. Dunque, se la linea C L è stata condotta in modo che il centro di gravità della porzione K C cada sempre al di fuori del punto K, qualunque sia il luogo d'unione K L, la parte superiore non eserciterà alcuno sforzo che tenda a rovesciare le inferiori.

Se fosse dato l'estradosso, e si dovesse determinare la forma dell'intradosso, perchè la volta non producesse spinta alcune, il probleme si risolverebbe ancora nello stesso modo.

Poche applicazioni possono farsi a' questi Problemi, essendo sempre miglior consiglio l'opporsi alle spinta della volta caricando i piedritti o facendoli più grossi, che determinare la forma dell'intradosso in modo che questa spinta sia nulla.

VIII.

Data una volta, determinare il valore delle pressioni sopportate dai cunei nelle sue diverse parti.

Abbiamo veduto dal Problema I.° che la forza orizzontale colla quale le parti superiori della volta respingono le inferiori, ha per espressione: $\mu'' \frac{a''}{y''}$; (H)

questa forza è evidentemente quella con la quale le due metà della volta posan l'una contra l'altra alla sommità, e rappresenta quindi la pressione sopportata dalla chiave.

Per avere il valore della pressione esercitata alle reni vicino alle linee di rotture, si osservi che la leva K C porta il peso μ'': questo peso, decomposto nel senso di questa leve, dà per la pressione prodotta nel punto K,

$$\mu'' \frac{\sqrt{x''^2 + y''^2}}{y''}. \qquad (I)$$

Finalmente, rispetto alla pressione esercitata sui punti D e *d'* del peso e dalla spinta della volta, e diretta secondo le leve D K, *d k*, se ne è già ottenuto nel Problema secondo l'espressione, che è, cambiando gli accenti,

$$\left\{\mu' x' + \mu''\left(1 + a'' \frac{y'}{y''}\right)\right\} \frac{\sqrt{x'^2 + y'^2}}{x' y'} \qquad (K)$$

Il massimo valore di queste forze si ha quando K e *k* son i punti di rottura. Cambiati gli accenti, le espressioni loro saran le stesse qualora le parti inferiori della volta debbano scorrere.

IX.

Data una volta determinare la pressione sopportata dalla centina nei diversi tempi della costruzione.

Si sa che i primi filari d'una volta si sostengono senza il soccorso della centina, sicchè questa non riceve alcun carico sin a tanto che il piano di unione faccia coll'orizzonte

un angolo che abbia per tangente trigonometrica il rapporto dell' attrito alla pressione. Sembrerebbe che quando i cunei sian posati su le biette, e quando son posti a secco gli uni sugli altri, questo rapporto debb' essere egualmente calcolato di quasi o, 8 (1); dal che nasce che il cuneo che comincia a far sopportare alla centina una parte del suo peso, deve avere il suo piano di giuntura inclinato all' orizzonte di circa 42.° Quanto al peso sostenuto dalla centina, è certo che chiamato ϑ l' angolo d' inclinazione del piano della faccia inferiore, m il peso del cuneo, ed f il rapporto dell' attrito alla pressione normale, questo carico è eguale ad una forza che agisce perpendicolarmente alla superficie della centina, e che ha per espressione

$$m\,(Sen.\ \vartheta - f\ Cos.\ \vartheta)$$

Il peso della centina si troverà calcolando il valore di questa espressione pei differenti filari che saran posti in opera successivamente; finchè sia arrivato ad un cuneo M, inclinato, in modo che la verticale, passando pel suo centro di gravità cada su lo spigolo R, del cuneo immediatamente inferiore. Allora accadranno due cose; l' una se l' angolo TRE formato dalla superficie della centina con una linea orizzontale DE, fosse minore di 42.°, il cuneo M si sosterrebbe sulla centina senza posare su i cunei inferiori; ma se questo angolo fosse maggiore, i cunei inferiori porterebbero una parte del peso del cuneo M. È facile il persuadersi che l' ultimo di questi casi non accadrà quasi mai, e che l' altro soltanto deve essere preso in considerazione. Partendo dal cuneo M, il carico della centina si valuterà dunque pel peso intero de' cunei posti in opera successivamente. La posizione del cuneo M dipende inoltre dalla curvatura della volta e dal rapporto delle dimensioni dei cunei.

Ma se nel primo momento il cuneo M ed i successivi non esercitano alcuna azione su i cunei inferiori, non accade lo stesso allorquando il carico della centina fa dei progressi sensibili. Siccome questo carico non si può operare senza che l' arco AS non si venga ad accorciare, quest' arco resiste, come una porzione della volta alla pressione che si esercita alla sua estremità superiore. Sintanto che questa pressione non è molto forte, conserva la sua forma e la sua posizione, ed i cunei situati al disotto di M sono forzati a cedere curvandosi alquanto. Ma posto che siasi al disopra di M un gran numero di filari, perchè la loro stabilità sia superiore alla resistenza della porzione della volta AS, quest' ultima è costretta di rompersi in due parti che si separano dalla centina, e si stabiliscono due punti di rottura alle estremità AD ed RS ed un terzo in una faccia KL. La posizione di quest' ultimo piano determinasi inoltre evidentemente colla condizione che i momenti di stabilità delle due parti AL e KS, presi rispetto al punto B siano eguali (fig. 84).

È chiaro pertanto che la parte inferiore AR della centina si troverà interamente libera, ma che la parte RB, oltre il peso dei cunei RX, sopporterà ancora una certa pressione risultante dal peso della volta rampante AS. Sarà facile, conosciuti il peso e la forma della porzione KS, d' avere il valore di questa pressione, che potrà concepirsi diretta secondo la FS perpendicolare alla faccia SR, che incontrerà in F la verticale passante pel centro di gravità comune dei cunei RX. Supposta quindi la pressione esercitata secondo SF, ed il peso dei cunei RX, applicati al punto d' incontro F delle loro direzioni, si prenderà la risultante di queste due forze che sarà diretta secondo una linea FH, e rappresenterà il peso totale sopportato dalla centina. Una forza eguale sarà fornita dall' altra metà della volta.

(1) Vedi la Memoria di Perronet sull' armamento e disarmamento dei Ponti, e il Trattato della Costruzione dei Ponti, tom. I, pag. 343.

Gli effetti, dei quali abbiamo parlato, si ottengono del pari in una volta a tutto sesto, a manico di paniere e ed arco di circolo, a meno che quest' ultima non sia formata da un arco tanto scemo, che il primo cuneo, cominciando dalle origini, cominci a posare interamente su la centina. Allora il peso della centina nasce dal peso totale dei cunei, ed il calcolo di questo carico è più semplice.

Circostanze fisiche della Costruzion delle Volte.

Ho supposto nelle precedenti considerazioni che le volte composte fossero di cunei perfettamente duri, e ho fatta astrazione da ogni grado di consistenza delle pietre che non le permette di sopportare, fuorchè una determinata pressione, del pari che dalla compressibilità delle biette e dei cementi ch' empiono le giunture. Mi propongo ora d' esaminare quali modificazioni queste circostanze fisiche portar possano ai risultamenti che abbiamo altrove indicati.

Bisogna prima di tutto distinguere due maniere di costruir le volte, da cui risultano diversissimi effetti. 1.° Si adoperano pietre, le quali abbiano esattamente la forma che si conviene a ciascun cuneo giusta il modello della volta, e che sien poste le une su le altre, combaciandosi perfettamente ne' loro piani di unione. 2.° Oppure si adoperano pietre non tagliate con tutta esattezza, e che non posano le une alle altre fuorchè per mezzo di biette e di un letto di cemento, che sono sempre più o meno compressibili.

Nel primo caso supposto che le condizioni d' equilibrio eguali a quelle date nei precedenti problemi sieno adempiute, non potrà manifestarsi in esse, costruite che sieno, alcun movimento: non vi sarà alcun sforzamento ed anche vicino ai punti di rottura le pietre si combaceranno esattamente in tutta la lunghezza delle giunture. Ma potrà accadere che le dimensioni date a certe parti della volta sieno troppo deboli perchè la pietra possa sopportare le pressioni che nascono. Il che si verificherà col mezzo delle espressioni (G), (I), (K) del problema VIII, paragonando la forza della pietra dietro la superficie delle facce da' cunei ella pressione che sopporta, e di cui queste espressioni danno i valori. Potrà inoltre convincersi di leggieri col calcolo, che nei casi ordinarii la forza delle pietre calcaree, adoperate nelle costruzioni, è sempre superiore alle pressioni alle quali si trovano esposte nelle volte: ma dietro il rapporto di queste pressioni e questa forza potranno determinarsi i limiti dell' apertura e dell' abbassamento che può darsi ad una volta (1).

Quando si adopera il secondo modo di costruzione, accade, a motivo delle compressibilità delle commettiture, e benchè le condizioni dell' equilibrio della volta sieno state soddisfatte, che si manifestano ristringimenti; e con ciò nelle facce d' unione nelle parti inferiori nasce lo stesso effetto che se queste parti cedessero alla spinta, sicchè le parti superiori si abbassano nello stesso modo che se la volta si rompesse, e questi movimenti cessano allora soltanto che le facce hanno acquistata tutta la loro compressione. È facile giudicare da ciò che si è detto, delle circostanze che accompagneranno questi movimenti, e di prevedere 1.° che si stabilirà da ciascuna parte delle reni un punto di rottura vicino al quale i cunei non appoggeranno gli uni contro gli altri che pel loro spigolo inferiore, e le commettiture s' apriranno all' estradosso; 2.° che alla chiave le faccie d' unione s' aprirà all' intradosso, appoggiandosi i cunei gli uni contro gli altri soltanto pel loro spigolo superiore; 3.° che i piedritti poseranno soltanto su lo spigolo esterno della base.

La cognizione di questi effetti indica le precauzioni che si devono prendere nell' esecuzione. Vedesi di leggieri che bisogna sopralzare la volta, perchè dopo il ristringimento

(1) Si troveranno nel libro seguente le nozioni necessarie su la forza delle pietre.

torni alla forma determinata dalla centina. I risultati dell'assettamento possono influire sulla determinazione delle dimensioni delle parti della volta, e particolarmente della grossezza alla sommità. Per farlo concepire noterò, che io ragiono dell'assettamento i cunei vicini al luogo di rottura che dovrebbersi combaciare in tutti i punti delle loro facce d'unione, non poggiano più che sopra una porzione di questa superficie, altrettanto più piccola quanto è più grande l'assettamento, e che si ridurrebbe ad uno spigolo se quest'ultimo fosse considerevolissimo. Da ciò nasce che la pressione che succede vicino a questi punti, in vece di ripartirsi su tutta la superficie del piano d'unione, non essendo più sopportata fuorchè da una piccola porzione di questa superficie, tende a spostare i cunei, e ciò accade di fatto nelle grandi volte, allorquando non è molto buona la pietra ed è considerevole il ristringimento. V'ha dunque, indipendentemente anche dal timore di vedere alterata la forma della volta, è le facce d'unione presentare irregolari larghezze, un motivo fortissimo per rendere minore più che sia possibile l'assettamento d'una volta. Ora è facile il comprendere, che, a pari cose nel resto, questo assettamento sarà tanto minore quanto più la grossezza della volta alla sommità sarà considerevole. Perchè data la volta K C K, l'assettamento dipenderà dal ristringimento delle facce d'unione, a norma del quale le lunghezze delle linee K C, k c diminuendo d'una certa quantità, il loro punto di congiungimento in C si abbasserà. Ma più l'angolo K C k sarà piccolo, a meno, per una diminuzione data della lunghezza de' suoi lati K C, *k c*, il punto C sarà costretto ad abbassarsi. Dunque se si aumenta la grossezza B C, rimanendo eguale il ristringimento delle facce d'unione, diminuirà l'assettamento della volta. Da questa considerazione se ne inferisce che, per impedire che per l'effetto d'un troppo grande ristringimento la pressione orizzontale sopra B C non sia unicamente sopportata dallo spigolo C, la qual cosa potrebbe fare spostare la pietra, bisogna dare alla volta una certa grossezza, che sia maggiore della necessaria perchè sussista l'equilibrio. Per questa stessa ragione devesi in pratica accrescere le grossezze dei piedritti, indicate dal calcolo, perchè la spinta della volta non sia sopportata soltanto dallo spigolo esterior della base, ove la pietra si romperebbe, ma possa scompartirsi su di una certa superficie. Pur troppo questi effetti, che esattamente dipendono dalla qualità dei material', non possono sottoporsi al calcolo, e ricorrer bisogna per valutarli ai risultamenti della esperienza ed alle osservazioni fatte nella costruzione delle grandi volte.

Devesi applicare al rovesciamento dei piedritti delle volte l'osservazione fatta nella nota alla fine del libro precedente, sul rovesciamento dei muri di terrapieno, notando che se il piedritto A E girerà su lo spigolo D, non sarà interamente sollevato, a meno che la sua grossezza non sia piccolissima e che le pietre non sieno poste agli angoli, o che l'adesione dei cementi non sia sufficientemente grande. Questo piedritto tenderà a spaccarsi secondo il piano D T inclinato a 45.°, sicchè la parte A D T non sarà sollevata. Dunque nel calcolare la forza dei piedritti non dee tenersene conto, ragione di più per non dargli una grossezza maggiore di quella stata determinata dal problema II.

Si troveranno maggiori sviluppi su la costruzion delle volte nel *Trattato della Costruzione dei Ponti* lib. II, Cap. III e IV; lib. III, Cap. I, e lib. IV, Cap. IV.

(23) Si troverà nei *Programmi di un Corso di Costruzione* dello Sganzin, una sposizione della qualità delle pietre da fabbrica, classificate secondo la loro natura, e che sarà utilissimo il consultare. Aggiugnerò solamente alcune nozioni sul calcolo della forza delle pietre.

Ho dato nella nota al capitolo II, lib. II del *Trattato della Costruzione dei Ponti*, l'istoria delle ricerche state fatte a tale proposito, e delle quali Gauthey si è occupato prima d'ogni altro. Vi si trova altresì una tavola della forza d'un gran numero di pietre adoperate in Francia, estratto dal primo volume del *Trattato dell' Arte di edificare* del signor Rondelet. L'esperienza prova che la forza della pietra varia in generale, come il

loro peso specifico e la loro durezza; un semplice estratto di questa tavola, contenente le pietre più conosciute, basterà ad offrir qui molti termini di paragone, per far giudicare approssimativamente della resistenza delle pietre che accadesse impiegare, e sulle quali non si potrebbero instituir esperienze.

È rarissimo che nella costruzione degli edificî, le pietre sieno *posate in falso*: benchè possano in tal modo resistere a considerevoli pressioni, la loro fragilità non permette che si espongano a qualche urto che necessariamente le romperebbe. Non è dunque meraviglia, che poche indagini siansi fatte su la resistenza delle pietre alla flessione o alla trazione. Si troveranno nella nota di cui ho parlato le poche cognizioni acquistate a tale proposito. Le sperienze sulla forza delle pietre, han per oggetto principale di calcolare le necessaria pressione per romperle, comprimendole tra due superficie parallele: quelle del Rondelet sono state instituite su cubetti di cinque centimetri di lato. Si può nella pratica supporre la resistenza delle pietre proporzionata alle aree delle loro basi; ma devesi solo calcolare questa resistenza il terzo al più dei surriferiti risultati, che rappresentano i pesi i quali han rotto cubi aventi per base un'area di 25 centimetri quadrati.

	peso specifico	resistenza.
Basalto di Svezia	3, 06	47809 chilog.
Porfido	2, 80	50021
Granito di Normandia	2, 66	17155
Marmo nero delle Fiandre	2, 72	19719
Marmo bianco statuario	2, 69	8176
Marmo azzurro turchino	2, 67	7695
Pietra di Caserta, vicino a Napoli, di grana fina, di color grigio bianco e che riceve pulitura	2, 72	14865
Lava del Vesuvio	2, 64	15881
Pietra grigia argillosa di Firenze, in grandi masse, e di granitura fina	2, 56	10556
Grés	2, 52	20337
Liais di Bagneux, pietra calcare dei dintorni di Parigi, pochissimo alta di banco, durissima e di finissima granitura	2, 44	11113
Travertino di Roma, pietra calcare durissima, di fine granitura, ma molto verderognola	2, 36	7449
Roccia di Chatillon, pietra calcare dei dintorni di Parigi, dura, di bella granitura	2, 29	4347
Pietra della pianura d'Ivry pietra calcare dei dintorni di Parigi, poco dura, di granitura eguale e mezzanamente fina	2, 12	3956
Peperino di Roma, pietra vulcanica grigia, poco dura	1, 97	5700
Pietra da gesso dei dintorni di Parigi	1, 92	1758
Vergelée, pietra calcare dei dintorni di Parigi, molto tenera e d'una granitura grossissima, ma che resiste all'acqua	1, 83	1496
Lambourde, pietra calcare dei dintorni di Parigi, tenerissima e mal resistente all' umidità	1, 56	575
Tufo vulcanico di Napoli	1, 26	1173
Scoria di Vulcano dei dintorni di Roma	0, 89	921
Pietre pomice	0, 69	803

(24) Si troveranno curiosi dettagli su i mattoni cotti e crudi, nel Trattato dell'Arte di edificare di Rondelet. Lib. II, sez. I.ª, art. 3.

(25) Un color cupo nella pietra non toglie che possa essere atta a far buona calce. Questo colore indica pure per solito la presenza di alcuni ossidi metallici, che rendono sempre la calce di buonissima qualità. Se anche il marmo bianco e le pietre bianchissime danno buona calce, ciò deriva che il carbonato di calce vi è puro, e non contiene se non pochissima materia argillosa.

(26) La calce di cui parla Belidor è fra le più celebri calci magre. Daremo altrove una idea della teoria della calce e della composizione delle malte.

(27) Vi sarebbe molto a dire ad ogni linea, se rettificar si volessero tutti gli errori di Chimica e di Fisica che si trovano nel testo, e che dipendono dallo stato in cui trovavansi le scienze al tempo di Belidor. Non è già perchè gli spiriti del gesso svaporano, che esso perde la sua bontà, quando è tenuto in contatto coll' aria; ma perchè esposto all'aria tramanda dell' acqua, che gli fa perdere la sua grande affinità per questa sostanza, e la proprietà di consolidarsi al momento che è combinato con essa.

(28) È forse inutil cosa il notare che queste osservazioni non possono riguardare che la sabbia già da noi chiamata sabbia di cava. La pioggia ed il sole poco, generalmente parlando, influiscono su la sabbia di fiume, a meno che la loro azione non si eserciti per un lunghissimo tratto di tempo.

(29) Smeaton ha dimostrato con esperienze, che saranno citate altrove, che l'acqua di mare val molto meno dell' acqua dolce, per la fabbricazione della malta.

(30) Si sa ora che questa idea di Filiberto Delorme non ha alcun fondamento.

(31) Tutta questa spiegazione degli effetti della calce, espressa nel linguaggio della Fisica dei tempi di Belidor, è un miscuglio di vero e di falso, sul quale non v'è altra osservazione a farsi fuor quella che non saprebbesi abbastanza comprendere, come uomini dotti abbian potuto scrivere tali cose, e quelli che non l'erano, abbiano potuto leggerle ed immaginarsi di intenderle.

(32) Si troveranno su la pratica della fabbricazione delle malte, utilissime nozioni nel *Trattato dell'Arte di edificare* del Rondelet lib. II, sez. II. Può leggersi pur con vantaggio l' *Arte di comporre le pietre fattizie* del signor Fleuret, cap. III e seguenti, ed i *Prospetti istruttivi dei lavori di costruzione dipendenti dal Servizio del Genio* pag. 11 e seguenti. Il signor Lesage ha dato nella sua raccolta delle memorie, parte seconda, delle interessantissime esperienze di Smeaton (*) sulla composizione della malta da adoperarsi su l'acqua. Questa parte delle arti di costruzione ha fatti molti progressi in Francia negli

(*) Leggendo le esperienze di Smeaton, ove si vede che ha imparato in quell'occasione da uno de'suoi amici, come si analizzassero le pietre da calce, e che avendo trovato come le pietre da gesso resistessero all'acqua forte, ne dedusse che nulla vi si conteneva di calcareo, fa maraviglia che un membro sì distinto ed illustre della scuole Reale di Londra, che possedea in fatto di meccanica le più distinte cognizioni, ignorasse i più elementari principii della Chimica. Da ciò si comprende quanto la cognizione almeno superficiale di tutte le scienze naturali sia necessaria ai costruttori, e quanto sia il pregio delle istruzioni che gli Ingegneri ricevono alla scuola Politecnica.

ultimi tempi, e sembrami che la teorica ne sia stata per la prima volta convenientemente esposta nei *Programmi d'un Corso di Costruzione* dello Sganzin, lez. 3, e seg. Si trova pure nel *Trattato della Costruzione dei Ponti* lib. IV, sez. III. Eccone un' idea.

Le calce si presenta in natura nello stato di carbonato; se si fa cuocere nei fornelli, questo sale si decompone, l' acido carbonico e l' acqua di cristallizzazione si sviluppano, e la calce resta pura, prendendo il nome di *calce viva*. Non si conserva molto tempo in questo stato, a meno che non le si tolga assolutamente il contatto dell' aria, la qual cosa nella pratica, rigorosamente parlando, è impossibile. Ella si spegne riprendendo nell'aria atmosferica l'acqua e l'acido carbonico perduto nella cottura, e ritorna allo stato di carbonato. Ma soddisfatta la sua avidità per l'acqua, che è grandissima, stemprandola e facendola passare allo stato di pasta molle, conservata poi nella fossa e ricoperta di terra, si conserva indefinitamente pura, per la qual cosa non trovandosi più in contatto con l' acido carbonico, non v'ha più cagione che la faccia cambiar di stato.

Se si lascia della calce così spenta, e supposta pura, esposta all' aria, ripassando allo stato di carbonato, seccherà e cadrà in polvere. Messa a contatto colla silice formerà una combinazione che, dopo un considerevole lasso di tempo, acquisterà durezza, s' ella trovasi al coperto dalle variazioni dell' atmosfera, e soprattutto dall' umidità, che dilavando la calce, impedirà che si formi la combinazione, sicchè la mistura cadrà ancora in polvere, se non altro alla superficie.

Se la silice invece d' essere presentata alla calce nel suo stato naturale fu dapprima torrefatta e ridotta in polvere, questa terra avendo con ciò acquistato una certa avidità per l' acqua, la sua mistura colla calce estinta si solidificherà più prontamente, e quindi vi sarà meno a temere dagli effetti dell' atmosfera.

Mescolando con la silice così torrefatta alcune parti d'ossido metallico, per le quali la calce ha molta affinità, la solidificazion del composto sarà molto più pronta, acquisterà durezza in pochissimo tempo, e quando la proporzione d' ossido metallico è sufficiente, la tendenza del composto a divenire un corpo solido è tale, che questo effetto non è impedito dalla immersione della mistura nell'acqua, alcune ore dopo ch'è stata formata, e devono a questa circostanza la loro qualità le materie proprie a fare lo smalto. In tal caso le proporzioni della mistura sono di circa $\frac{1}{6}$ d'ossidi metallici, $\frac{2}{6}$ d'argilla, nella quale la silice entra almeno per due terzi e $\frac{2}{3}$ di calce. È facilissimo il veder subito in che cosa consista la differenza dalle pietre che somministrano la calce grassa e la calce magra. Le prime contengono soltanto del carbonato di calce puro, combinato con una piccolissima quantità di silice, d'argilla e di magnesia (non servendo queste due ultime terre che ad alterare la sua qualità). Dopo la calcinazione e l'estinzione, la calce trovasi in troppo grande proporzione perchè la mistura possa da sè sola solidificarsi: ed aggiungendovi altre materie si ottiene una malta tanto migliore, quanta maggior quantità contengono di silice e d'ossidi, e quanto son più torrefatte; ma non si può mai far entrare in una volta nel composto la quantità di calce e d' ossidi metallici necessarj perchè questo composto possa far corpo sotto l'acqua. Le pietre a calce magra per lo contrario, contengono per sè stesse una quantità sufficiente di silice ad ossidi, sicchè la calce che ne provenga possa dopo l' estinzione solidificarsi sola, e mescolate con altre sostanze torrefatte che contengono egualmente silice ed ossidi, dare un composto che offre le proporzioni sopra indicate, e possa solidificarsi sott' acqua.

Quanto alle materie da mescolarsi colla calce, le loro qualità variano in ragione del loro stato d'abbrustolimento, e delle proporzioni di silice e d'ossidi di ferro o di manganese che esse contengono, formando delle malte o degli smalti tanto più buoni quanto

più sono torrefatte, e le materie vi si trovano in maggior quantità. Fra le sostanze naturali non v' ha che la pozzolana e il *tras* d' Olanda, che esposte al fuoco dei Vulcani, offrano questa qualità a tant' alto grado da dare una malta propria a prender corpo all' istante sotto acqua. Ma v' hanno altre sostanze d' un composto press' a poco eguale a che basta il far cuocere nei fornelli e polverizzarli dopo la cottura per ottener delle pozzolane eguali e superiori a quelle d' Italia. (V. per le ricerche fatte a tale proposito il *Trattato della Costruzione dei Ponti*, al luogo citato. Vi si troverà il risultamento delle analisi delle differenti calci e delle materie combinate con esse, analisi dalla quale abbiam desunto i precedenti principj).

Vi sono altre materie che possono unirsi colla calce, e formar bonissimi cementi: e sono gli olj e le resine. Ma è chiaro che la composizione di questi cementi dipende da un' altra teorica, e segnatamente da quelle che tali sostanze son fluide e prendono qualunque forma si voglia, se si adoperano calde, si solidificano raffreddandosi, e son sempre impermeabili all' acqua. La calce ch' esse contengono le rende inoltre suscettive d' unirsi fortemente alla pietra. Si è pur qualche volta adoperato a tal uopo lo zolfo. Introdotto in fusione nelle commessure d' una muratura, le riempie e chiude così il passaggio all' acqua; ma non contrae può dirsi menomamente aderenza colla pietra.

(33) È facile il comprendere che i dettagli contenuti in questo capitolo sono molto incompleti, e siccome per supplire al loro difetto bisognerebbe entrare in troppe particolarità, indicherò soltanto le opere alle quali potrà ricorrersi. Può vedersi a tale proposito il *Prospetto istruttivo dei diversi lavori dipendenti dal servizio del Genio*, — le *Esperienze su la mano d'opera di differenti lavori* del signor Boistard; l' opera dello stesso titolo del signor Anselin; i *Quadri specificati del prezzo d'opera di fabbrica* del signor Morisot, e segnatamente il *Trattato della Costruzion dei Ponti*, lib. IV, cap. 5, ove in una maniera completa e metodica si è procurato di presentare gli elementi della stima della maggior parte delle opere che costituiscono i lavori pubblici.

(34) La legge dell' 8 marzo 1810, ha prescritto le formalità da seguirsi per lo spropriamento originato dai lavori pubblici.

(35) Quantunque questo capitolo contenga eccellenti osservazioni sui lavori di terra, molto ancor resta per dare a tale proposito una compiuta teorica che componesi di parecchi elementi non ancor pubblicati o che sono dispersi in diverse opere: vo' qui darne un' idea.

La teorica dei lavori di terra può dividersi in tre parti, e sono 1.° i processi di calcolo del volume dei solidi di *sterro* e di *riporto*, 2.° la maniera di far la distribuzione dello *sterro* e del *riporto* sicchè la spesa sia la minore possibile; 3.° il modo di fare lo scavo e il trasporto delle terre, e il calcolo della spesa di quest' operazione.

Si troveranno sul calcolo dei lavori di terra i dettagli necessarii nel *Trattato di Topografia, Stereometria e Livellazione* del signor Puissant, lib. IV, cap. IV. Questo calcolo si eseguisce col mezzo d' un piccol numero di semplicissime formole.

Il calcolo del volume degli *sterri* e dei *riporti* si riduce sempre alla cubatura degli spazj compresi tra la superficie del terreno naturale e quella del progetto. Queste superficie sono piane o curve; nel primo caso i solidi che intercettano possono essere calcolati coi principj della Geometria elementare: nel secondo, si sostituiscono ai veri solidi, altri che non ne differiscano sensibilmente, e che suscettivi d' una rigorosa misurazione possono prestarsi al calcolo. Fra tutte le ipotesi che adottar si potrebbero a tale proposito, ci atterremo alla seguente che conduce a comodi processi.

La superficie del terreno è riconosciuta dai punti di livello situati in una serie di piani verticali, ordinariamente paralelli fra loro: si suppongono questi punti uniti da rette considerate siccome le sezioni fatte nel terreno da piani, e diconsi *profili*; da un profilo all'altro la superficie del terreno può supporsi formata da una superficie obliqua, generata da una retta che si move parallellamente a un dato piano verticale, toccando costantemente le linee del terreno. Ciò posto, considerato che la superficie del disegno è sempre piana o può sempre come tale considerarsi, è facile concepire che non si hanno mai a cubare fuorchè solidi le cui facce laterali son piani verticali, aventi per base inferiore un triangolo o un trapezio piano, e per base superiore un triangolo o un trapezio obliquo. Si trovano le formole seguenti pel calcolo del volume di questi solidi.

1°. Pel solido a base triangolare si ha

$$V = B\frac{h + h' + h''}{3}$$

in cui B è la base; h, h', h'' le tre altezze, e V il volume.

2.° Pel solido la cui base è un trapezio si ha

$$V = B'\frac{2h + 2h' + h'' + h'''}{6} + B''\frac{2h' + 2h''' + h + h'}{6},$$

in cui B è la base d'uno dei due triangoli che formano il trapezio, B'' la base dell'altro triangolo; h, h', h'' le altezze corrispondenti a B'; h, h'', h''' le altezze corrispondenti a B''.

2.° Quanto al modo di distribuir le terre di *sterro* nelle differenti parti di *riporto*, il signor Monge ha per la prima volta trattato questo argomento nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze pel 1781. Il signor Dupin ha aggiunto alcun che a questi risultamenti nella corrispondenza su la Scuola Politecnica, n.° 7. Si troverà nel *Trattato della Costruzion dei Ponti* lib. IV, cap. 2, lo sviluppo dei precetti che queste ricerche somministrano per la pratica, esposto in un modo del tutto elementare. Son fondate sul principio che la somma degli elementi dello *sterro* moltiplicato per la distanza che si fa ad essi percorrere, deve essere la minima: donde risulta immediatamente che le strade seguite da questi elementi devono essere le più brevi distanze tra il punto di arrivo e di partenza, e non debbono incrociarsi tra le loro estremità. Questi principj applicati alle diverse circostanze che presentano gli *sterri* indicano in ciascuna la disposizione da darsi al lavoro per far la più tenue spesa possibile.

3.° Quanto ai processi dello scavo delle terre, vi sarebbe poco ad aggiugnere a quanto è detto nel testo. Non così pel trasporto, al qual proposito Belidor non ha parlato che di carretti (*brouettes*). Non vi sarebbe qui campo per molte ricerche, ma si possono fare utilissime osservazioni sul trasporto per mezzo delle carrette (*tombereaux*). Non credo che questa materia sia mai stata convenientemente trattata. Si troveranno a tale proposito alcuni cenni nel *Trattato della Costruzion dei Ponti*, lib. IV, cap. II e V.

Allorquando il trasporto di una massa di terra è fatto in modo che la somma delle distanze percorse sia la minima, è chiaro che la distanza media del trasporto è eguale alla distanza dei centri di gravità dei solidi di *sterro* e di *riporto*. Basta dunque per calcolare la spesa di conoscere il volume dello *sterro* e la rispettiva posizione dei due centri di gravità. Ma bisogna osservare che questi centri di gravità potendosi trovare o su lo stesso piano orizzontale, o l'uno sopra l'altro, bisogna aver riguardo in uno alla loro distanza orizzontale ed alla loro distanza verticale. I ricambi dei carretti, come abbiam

veduto nel testo, son fissati a 30 metri in un cammino orizzontale, e a 20, montando su di una china il cui pendìo è di 8 centimetri per metro, inclinazione che l'esperienza ha fatto conoscere per più utile. Ma siccome non è sempre possibile nei lavori di regolare esattamente le chine secondo questo pendìo, si prova qualche volta dell'imbarazzo per fissare aggiustatamente la lunghezza dei ricambj: si può allora far uso delle formole seguenti, la cui dimostrazione è facile a trovarsi, chiamando

D, la distanza orizzontale dei centri di gravità di *sterro* e di *riporto*.

H, la loro distanza verticale.

p, la lunghezza dei ricambj su di un cammino orizzontale.

p', la lunghezza dei ricambj sopra una china.

I, l'inclinazione per metro di questa china.

n, il numero dei ricambj da pagarsi,

Bisogna distinguer tre casi:

1.° Se $H = 0$, si ha . . . . $n = \frac{D}{p}$

2.° Se $D > \frac{H}{I}$, si ha . . . . $n = \frac{D}{p} + \frac{H\,(p-p')}{I\,pp'}$

3.° Se $D < \frac{H}{I}$, si ha . . . . $n = \frac{H}{Ip'}$

Da quanto si è detto qui sopra, $p = 30$ met., $p' = 20$ met.

$I = 0{,}08$ metri.

I trasporti per carrette sono suscettivi d'analoghe osservazioni, se ne valuta la spesa calcolando il tempo impiegato pel carico e scarico, e quello che spender bisogna per percorrere la distanza del trasporto giusta la velocità dei cavalli; ma questa velocità essendo più o meno grande, secondo che l'inclinazione del pendìo che si monta è più o meno forte, bisogna ancora considerare l'altezza alla quale si deve far montare le terre. Conservando le già fatte denominazioni, e supposto oltre a ciò,

t = al tempo necessario per percorrere un metro su di un cammino orizzontale.

t' = al tempo necessario per percorrere un metro su di un cammino il cui pendío per metro = I.

T = al tempo totale del trasporto;

si avrà 1.° se $H = 0$ . . . . $T = Dt$

2.° se $D > \frac{H}{I}$ . . . . . . $T = Dt + \frac{H}{I}\,(t'-t)$

3.° se $D < \frac{H}{I}$ . . . . . . $T = \frac{H}{I}\,t'$

Giusta le migliori osservazioni, $t = 0{,}0003$ ore, $t' = 0{,}0004$ ore, I essendo sempre eguale a 0,08 metri. (Vedi pel tempo necessario al carico e scarico delle diverse specie di terra, il *Trattato della Costruzione dei Ponti*, lib. IV, cap. V.

Una carretta impiegata al trasporto delle terre può essere attaccata ad uno o più cavalli, e può adoperarsi ad una o più manovre. È facile il vedere con un po' di riflessione, che il numero dei cavalli e dei caricatori non è indifferente, e che questo numero deve variare in ragione della distanza del trasporto e dei prezzi rispettivi delle giornate degli operaj e dei cavalli. Si troverà l'analisi di questa quistione nell'opera citata, e porterò qui soltanto i risultamenti chiamando

q, il volume delle materie che può portare un cavallo;

t, il tempo dello scarico d'un metro cubico di materia per un operaio;

T, il tempo necessario alle carrette per percorrere un metro;

τ, il tempo dello scarico d'una carretta.

m, il numero dei caricatori.

n, il numero dei cavalli attaccati a ciascuna carretta.

D, la distanza del trasporto.

μ, il prezzo della giornata d'un caricatore.

ν, il prezzo della giornata d'un cavallo.

ρ, il prezzo della giornata del carrettiere e della carretta

e fatto per brevità di calcolo

$$qt = t';\ \mu t' + \nu = P$$

si ha pel prezzo d'un trasporto d'un metro cubico di materiali

$$\frac{1}{q}\left(t'\frac{n}{m} + 2\,D\,T + \tau\right)\left(P + \frac{\rho}{n}\right)$$

Si conchiude dalla forma di questa espressione 1.° che aumentando il numero dei caricatori si diminuisce la spesa, e conseguentemente che bisogna adoperarne più che sia possibile senza che a vicenda s'incomodino: 2.° che il numero dei cavalli attaccati alla carretta deve aumentare colla distanza del trasporto. E, per determinare sino a quale distanza dever impiegarsi un dato numero di cavalli, si ha l'equazione

$$D = \frac{1}{2T}\left(\frac{P\,t'\,n\,(n+1)}{\rho\,m} - \tau\right),$$

nella quale fatto successivamente $n = 1, = 2, = 3$ ec. si avranno i valori di D al di là dei quali si devono adoperare carretta a due, tre e quattro cavalli, ec.

(36) Si sono adoperati questi archi rovesci sotto le colonne della chiesa di S. Genoveffa, ma non so quanto se ne possa sperare.

(37) Si troveranno nel *Trattato di Costruzione dei Ponti*, lib. IV cap. III dell'osservazioni sul modo di adoperare i pali, e l'indicazione di diversi processi di battitura, di stroppamento e di tagliamento dei piuoli e dei tavoloni.

(38) Si trovano nel *Trattato della Costruzione dei Ponti*, lib. IV cap. III circostanziate notizie su l'asciugamento delle foundazioni e sulle macchine adoperate a tal uopo.

(39) Chi volesse avere più circostanziate nozioni su la qualità dei legni e sul miglior modo di tagliare a conservare i legnami, potrà con molto vantaggio leggere le opere di Duhamel intitolate, *Trasporto e forza dei legni e taglio dei legni*, come pure le diverse Memorie che fanno parte delle opere di Buffon.

(40) Questa dimostrazione trovasi nelle Memorie dell'Accademia pel 1708. Ecco in che cosa consiste; immaginiamoci un rettangolo iscritto nel circolo, e a lui concentrico; chiamato r il raggio del circolo ed x la semilarghezza del rettangolo, la sua semialtezza sarà $\sqrt{(r^2 - x^2)}$; sicchè, supposta la forza del tronco proporzionale alla sue larghezza ed al quadrato della sua altezza, questa forza si troverà espressa da $8\,x(r^2 - x^2)$ o da $8\,(r^2 x - x^3)$, formola nella quale x deve essere determinata dalla condizione che il valore ne sia un *massimo*.

Eguagliando a zero il suo differenziale, si ha $r^2 - 3\,x^2 = 0$, da cui $x^2 = \frac{r^2}{3}$, che dà pel quadrato della semialtezza dalla base, $\frac{2\,r^2}{3}$. Dunque l'altezze del rettangolo sta alla sua base come $\sqrt{2} : 1$.

(41) Belidor non dice qui precisamente di quanto ei creda che una trava, incastrata nelle due estremità, sia più forte di una egual trave posate liberamente su di quella; ma vedremo in progresso che le sue esperienze l'han portato a credere sia la forza della prima più grande d'una metà che nella seconda. Ciò è erroneo, teoreticamente parlando, chè la resistenza alla rottura d'un solido incastrato alle sue estremità, è doppia di quella d'un solido posto su due appoggi.
Vedi la Nota alla fine del Capitolo seguente.

(42) Le sperienze istituite su la forza dell'abete, paragoneta a quella della quercia, offrono notevolissime contraddizioni. Le più antiche sono quella di Perent, citate qui da Belidor (Memoria dell'Accademia, 1707), da cui conchiude che la resistenza alla rottura d'un pezzo d'abete orizzontalmente caricato supera di un quinto quella d'un pezzo di quercia. Dietro la esperienze di Mussembroek (Corso di Fisica Sperimentale e Matematica, tom. 1 pag. 174), la forza dell'abete adoperato come puntello, cioè posto ritto, a sopraccaricato verticalmente, sarebbe quasi tre volte maggiore di quella della querce. Queste esperienze, eccome quella di Parent, furono fatta assai in piccolo. Aubry, non ha parlato nelle sue Memorie stampate su la forza dell'abete; ma in una sua Memoria manoscritta del 1742, cita due comparative esperienze fatte sopra pezzi di tre pollici di quadratura sopra dodici piedi di longhezza, orizzontalmente caricati, da cui conchiudesi essere la forza dell'abete $\frac{2}{3}$ di quella della quercia. Perronet, nella sua Memoria su piuoli e tavoloni, dà un quadro dei rapporti delle forze di diverse specie di legni verticalmente caricati, stando al quale la forza dell'abete sarebbe di circa $\frac{3}{4}$ quella della quercia. Dietro le esperienze ed i calcoli portati nel Trattato dell'arte di edificare del Rondelat, tomo IV, la forza dell'abete orizzontalmente caricato sarebbe di circa $\frac{1}{10}$ minore, a quella dell'abete caricato verticalmente di circa $\frac{1}{10}$ maggiore di quello della quercia.

Son d'avviso, sin a tanto che non s' abbiano più precisi risultamenti, che nelle costruzioni si possa caricare una trave d' abete esposta ad uno sforzo perpendicolare alla sua lunghezza, tanto quanto una trave di quercia; ma che, quando esso faccia le funzioni di puntello, e trattenuto non sia da asciallioni che le impediscono di piegare, la sua forza deve solo calcolarsi $\frac{2}{3}$ o $\frac{3}{6}$ di quella della quercia.

(43) Abbiam già detto come questa regola sia falsa.

(44) Le considerazioni poste in campo in questi due paragrafi sono inesatte (Vedi la Nota alla fine del Capitolo).

(45) Non poteansi ai tempi di Belidor conoscere parecchi esperimenti di Mussembroek su la resistenza dei solidi sottoposti all' azion d'una forza che agisce nel senso della loro lunghezza. Queste furono date in luce la prima volta in una dissertazione latina stampata nel 1729, l' anno stesso cioè della pubblicazione della Scienza degli Ingegneri. Trovansi nelle sue Lezioni di Fisica Sperimentale. Molto tempo dopo (nel 1744) Eulero ha date le prime ricerche teoriche che si conoscessero a tale proposito. L' errore in cui cade qui Belidor e la specie d'esclusione da lui fatta nel caso in cui la trave sia caricata verticalmente, sono dunque in qualche modo scusabili.

(46) Quantunque la teoria della resistenza del legno sia ancora lontana dal presentare tutti quegli aiuti che possono occorrere nella pratica delle Costruzioni, ciò nullameno, dopo la pubblicazione della Scienza degli Ingegneri, ha fatto tanti avanzamenti sì nella parte analitica che nella sperimentale da non poter dispensarmi di portarli a cognizione del leggitore. Lascerò i ragguagli istorici delle indagini cui diede luogo questo ramo della meccanica applicata: a questo proposito si potrà consultare l' *Introduzione del Trattato analitico della resistenza dei solidi* del signor Girard, ed il *Trattato della Costruzion dei Ponti*, lib. III, cap. I. Io procurerò di dar qui solo, e più succintamente che potrò, lo spirito di queste indagini, ed il partito che può cavarsene per le applicazioni.

Tutti i corpi che si adoperano nelle Costruzioni presentano due diversi generi di resistenza quando sieno sottoposti all' azione di una forza che tende a farli piegare: 1.° o si rompono prima di flettersi visibilmente, come avviene delle pietre e della ghisa: 2.° o s' incurvano più o meno considerevolmente prima di rompersi, come si verifica ne' legni e nel ferro battuto. Queste due sorta di resistenza non dipendono solamente dalla natura dei corpi; ma anche dalla loro figura, e dal rapporto tra la lunghezza e la grossezza; così, per modo d' esempio, un regolo di ferro battuto pieghevolissimo quando la sua lunghezza sia 40 o 50 volte la sua grossezza, non lo è più quando la sua lunghezza sia solamente di 12 o 15 volte la grossezza, ed in quest' ultimo caso il regolo non potrebbe curvarsi sensibilmente senza rompersi subito. Lo stesso dicasi de' regoli di legno, i quali perdono quasi tutta la loro flessibilità quando la loro lunghezza non è che di 6 o 7 volte la loro grossezza.

La prima cosa a farsi, quando si voglia esaminare la forza di un regolo, è quindi di conoscere la natura della resistenza che è suscettibile di presentare, e se gli sforzi a cui è assoggettata devono spezzarla od incurvarla. La sua resistenza così in un caso che nell' altro si calcola dietro diverse considerazioni che io esporrò successivamente.

Resistenza alla rottura.

Si consideri il trave D G (Tav. XI, fig. 104) che un certo conato tende a far piegare e rompere contro l'appoggio A; e supponiamolo composto di fibre dirette longitudinalmente. Il conato produce su queste fibre due effetti; l'uno di farle piegare intorno al punto A, l'altro di allungare le fibre della faccia superiore in B C e raccorciare quelle della faccia inferiore in A. Due quindi sono le cause che possono produrre la frattura, cioè la rigidezza delle fibre che loro impediscono di cedere all'incurvamento cui soggiacciono, e l'impossibilità di allungarsi nella faccia superiore senza strapparsi. Ne' corpi è possibile il riconoscere da quale delle due cause dipende la rottura; giacchè, nel primo caso, le fibre si separano ad un tratto in tutta l'altezza del regolo, mentre nel secondo, comincia dalla faccia esterna, e non si propaga che a piccoli gradi verso l'interna, a misura che il regolo perde la sua forza. Quest' ultimo effetto, per esempio, si osserva nel legno, e Buffon ha osservato che per rompere interamente un regolo della riquadratura di 22 centimetri, vi volevano due ore.

Supponiamo (fig. 114) che la frattura succeda perchè le fibre non possono prestarsi all'incurvamento, ed il solido prismatico G L sia incassato per un capo, e dall'altro sottoposto allo sforzo del peso M, che tende a spezzarlo vicino all'incassatura, piegando le fibre attorno alla linea D F. Rappresentando con f la resistenza di ciascuna fibra, la resistenza totale della sezione di rottura D F G E, sarà $f a b$, dove a è la larghezza, e b l'altezza di questa sezione, e per l'equilibrio di questa resistenza col peso M, sarà d'uopo che il momento di questo peso, preso rispetto all'asse immobile D F, che è M c, rappresentando con c la lunghezza D L, sia eguale al momento di resistenza della sezione D F G E, che è eguale alla somma delle resistenze delle fibre moltiplicate per la distanza del suo centro di gravità alla linea D F, e rappresentata da $\frac{1}{2} f a b^2$; si ha dunque l'equazione $M c = \frac{1}{2} f a b^2$, donde $M = \frac{1}{2} f \frac{a b^2}{c}$. Intendiamo poi facilmente che se il medesimo solido fosse posto sopra due appoggi immobili che sostengono le sezioni estreme, e dal punto di mezzo pendesse il peso M, si avrebbe la resistenza del solido, ossia il peso M che l'equilibra, espressa da $M = 2 f \frac{a b^2}{c}$, c essendo la distanza degli appoggi (V. Venturoli, Tom. I. §. 550).

Se la trave poi fosse invincibilmente incastrata nel muro e caricata nel mezzo, dovrebbe spezzarsi in tre luoghi ad un tempo. Il peso capace di romperla nel mezzo sarebbe $2 f \frac{a b^2}{c}$; quelli che la spezzerebbero alle estremità, sarebbero eguali ciascuno ad $f \frac{a b^2}{c}$; cosicchè si avrebbe per peso totale portato dal solido $4 f \frac{a b^2}{c}$, cioè un peso doppio di quello che avrebbe portato, se le estremità non fossero state incastrate.

Supponiamo ora che il solido appoggi semplicemente sui due sostegni e sia caricato del peso M, il quale non penda dal mezzo: sia γ la distanza da questo punto ad una delle sue estremità. In questo caso è come se il solido posando su questo punto, venisse gravato per un capo dal peso $M \frac{c-\gamma}{c}$, e per l'altro dal peso $\frac{M\gamma}{c}$; quindi per l'equilibrio dovrebbe essere $M \frac{c-\gamma}{c} . \gamma = M \frac{\gamma}{c} (c-\gamma) = \frac{1}{2} f a b^2$, donde $M = \frac{1}{2} f \frac{c a b^2}{\gamma(c-\gamma)}$.

Se, stando il supposto, il solido avesse la testa incastrate, al peso precedente bisognerebbe aggiungere quello capace di produrre lo spezzamento in questi due punti, il quale per l'uno sarebbe $\frac{1}{2} f \frac{a b^2}{\gamma}$, e per l'altro $\frac{1}{2} f \frac{a b^2}{c-\gamma}$, cosicchè il peso totale sarebbe doppio del precedente, ed uguale ad $f \frac{c a b^2}{\gamma(c-\gamma)}$.

Se il solido fosse gravato in molti punti, riescirebbe facile l'estendere queste considerazioni, osservando che un solido sostenuto nelle estremità tende sempre a rompersi nel punto corrispondente al centro di gravità dei pesi di cui è caricato.

Se il solido fosse gravato verticalmente, per potervi applicare il calcolo, converrebbe supporlo dotato di un principio di inflessione verso qualcuna delle sue facce, ed allora è manifesto che si troverebbe come ne' casi precedenti, pel valore del peso a cui può reggere, una espressione della forma $\varphi \frac{a b^2}{c}$, φ essendo un coefficiente numerico, il quale vuol essere determinato dalla esperienza.

Queste considerazioni sono pure applicabili al caso che la rottura dipenda dalla rigidezza, ed inflessibilità delle fibre, e le formole che si ottengono non differiscono dalle esposte che pel valore del coefficiente numerico da cui sono affette. Infatti, sia e la resistenza delle fibre cadenti nella linea C E, nel momento che si spezza dopo avere sofferto l'allungamento E C, e poniamo che tutte l'altre fibre della base D E C F, che sono stirate proporzionalmente alla loro distanza dall'asse d'equilibrio D F, resistano in proporzione delle loro tensioni. La somma delle resistenze verrà rappresentata dalla superficie del triangolo D E C, moltiplicata per la larghezza del solido $= \frac{1}{2} e a b$, e per avere il suo momento, rispetto alla linea D F, bisognerà moltiplicare questa resistenza per $\frac{2}{3} b$, ossia per la distanza del centro di gravità del triangolo D E C a questa linea; questo momento sarà dunque $\frac{1}{3} e a b^2$, e l'espressione del suo equilibrio col peso M, sarà $M c = \frac{1}{3} e a b^2$, donde $M = \frac{1}{3} e \frac{a b^2}{c}$. E queste non sono che le prime espressioni, sostituito $\frac{1}{3} e$ in luogo di $\frac{1}{2} f$.

Queste sono le regole analitiche alle quali si arriva, quando non si abbia in vista che la resistenza de' corpi alla frattura. È agevole l'estenderle ai solidi le cui sezioni al luogo della rottura abbiano forme diverse dalla rettangolare; a questo proposito si può consultare il *Trattato analitico della resistenza de' solidi di Girard* e le altre opere citate al principio della nota. Le esperienze di Parent, quelle di Belidor, e quelle di Buffon, furono fatte per mettere in grado di trarre profitto di queste regole nella pratica, e somministrare i mezzi di determinare il valore del coefficiente delle formole, ed in vero coll'aiuto di queste sperienze, e segnatamente delle ultime, date che sieno le dimensioni di una trave di rovere, e d'altro legno, si può determinare con sufficiente esattezza la forza necessaria per ispezzarle.

È rarissimo però il caso che le travi impiegate ne' fabbricati si rompano prima di provare un incurvamento assai sensibile. Questo incurvamento comincia sotto un carico molto minore di quello necessario a rompere il solido, il quale si indebolisce, e termina col tempo a cedere del tutto. È quindi della massima utilità il sapere quale sia il peso capace di produrre un principio d'inflessione, che potrebbe diventare dannoso in progresso e cagionare la rottura.

Della resistenza all' incurvamento.

L' analisi delle circostanze tendenti a produrre l'incurvamento de' corpi, richiede considerazioni di un ordine più elevato di quelle ora esposte, le cui particolarità ci porterebbero troppo in lungo; basterà quindi presentare le illazioni alle quali quest' analisi ha condotto.

Quando un solido viene sottoposto all'azione di una determinata forza che lo induce a curvarsi, in tutti i suoi punti si stabilisce un equilibrio tra l' azione di queste forza, e la resistenza della sezione del solido fatta in questo punto, in guisa che il momento della forza, e quello della resistenza, presi rispetto all' asse d' equilibrio situato nella superficie concava del solido, devono essere uguali. L'ultimo di questi momenti si è supposto sempre in ciascun punto del solido nella ragione inversa del raggio di curvatura nel punto stesso. Introducendo questa ipotesi nella equazione dell'equilibrio, si ottiene quella della curvatura del corpo, e le relazioni che devono sussistere fra la grandezza degli sforzi cui è sottoposto ed i diversi gradi d'inflessione che può ricevere. Ma queste sono equazioni differenziali, e per integrarle bisogna supporre l'inflessione piccolissima, ciò che si verifica sufficientemente al caso pratico. Allora si ottiene il seguente risultamento (veggasi il *Trattato della Costruzione de' ponti*, lib. III, cap. I).

1.° Quando il solido è fisso per un capo, e dall'altro è gravato di un peso, si ha

$$P = 3\varepsilon \cdot \frac{f}{c^3} \left\{ \begin{array}{l} P, \text{ il peso sostenuto dal solido;} \\ c, \text{ la lunghezza del solido;} \\ f, \text{ la saetta dell'incurvamento cagionato dal peso } P; \\ \varepsilon, \text{ il valore del momento di elasticità quando il raggio di curva-} \\ \qquad \text{tura è uguale ad } 1. \end{array} \right.$$

2.° Quando il solido è sostenuto nelle estremità,

$$P = 48\varepsilon \frac{f}{c^3}.$$

3.° Finalmente quando il solido è sopraccaricato verticalmente.

$$Q = \frac{\pi^2 \varepsilon}{4c^2} \left\{ \begin{array}{l} Q, \text{ peso che grava il solido;} \\ \pi = 3,1415 9. \end{array} \right.$$

Volendo far uso di queste equazioni, bisogna determinare prima di tutto il valore del momento di elasticità ε in funzione delle dimensioni del corpo, che supporremo sempre di base rettangole. Qualche volta si è fatto ε proporzionale ad ab^2, assimilando la resistenza alla flessione, alla resistenza, alla rottura. Supponendo che la resistenza delle fibre provenga dalla tensione che provano all' istante dell' incurvamento, si è trovato che questo momento dovrebbe essere proporzionale ad ab^3. Si è pure osservato che la lunghezza del corpo doveva influire sulla espressione della sua forza, e con ε si è rappresentato una funzione della forma $(\alpha + \beta c)\, ab^2$, dove α e β, sono due coefficienti numerici. Per via di considerazioni che si potranno leggere nel luogo citato dell' opera del Gauthey, fui condotto a rappresentare il momento d' elasticità colla quantità $\left(\frac{\varepsilon'}{2} + \frac{\varepsilon'' bc}{3}\right) ab^2$, ε' ed ε'' essendo due costanti i cui valori vogliono essere determinati sperimentalmente; e questa determinazione essendo stata fatta coi metodi i più

esatti, in seguito a molte esperienze eseguite tanto sui legni gravati orizzontalmente, che sui legni gravati verticalmente, ho trovato per il legno di quercia $g' = 16484345$, $g'' = 25554012$, valori che introdotti nella formola precedente, e nelle equazioni superiori, diedero:

1.° Per un solido sostenuto nelle due estremità, e gravato orizzontalmente,

$$P = (39562428 + 40886420 0.\ bc)\ \frac{ab^2 f}{c^3}.$$

2.° Per un solido gravato verticalmente,

$$Q = (20336845 + 21017476.\ bc)\ \frac{ab2}{c^2}.$$

La seconda di queste equazioni può usarsi immediatamente nelle applicazioni, perchè dà il minimo peso di cui un solido situato verticalmente può essere caricato senza incurvarsi; ma la prima, la quale non stabilisce che una relazione tra il peso di cui un solido posto orizzontalmente è caricato, e la saetta della curvatura che questo peso gli imprime, non offre la stessa utilità. Per trarne profitto nella pratica, bisognerebbe conoscere la massima saetta cui il solido può reggere senza che ne risenta sensibilmente la sua elasticità, e senza che l'azione del peso che avrebbe originata questa saetta fosse capace di ingrandirla col tempo. — Su questo soggetto l'esperienza sgraziatamente è manchevole e non offre che scarse notizie dalle quali parrebbe potersi rappresentare la saetta stessa colla espressione $f = 0,0004.\ \frac{c^2}{b}$, che sostituita nel superiore valore di P, dà

$$P = (158250 + 163546.\ bc)\ \frac{ab}{c},$$

per l'espressione del peso di cui può gravarsi nel mezzo un solido sostenuto nelle estremità.

Questi valori di P e di Q, coi quali può calcolarsi in tutti i casi la forza che un solido può sopportare, sono quel tanto che di presente si può offrire di più esatto e di più semplice sulla resistenza del legno di quercia.

Della resistenza alla compressione ed allo strappamento.

Quando un pezzo di legno è gravato verticalmente, e che la sua lunghezza, ossia l'intervallo dei punti di sostegno fra i quali può essere compreso non sorpassa di sei o sette volte la sua grossezza, questo pezzo non può incurvarsi, e non cederebbe che schiantandosi sotto lo sforzo che soffre. Allora si suppone la sua resistenza proporzionale all'area delle sezioni resistenti e si valuta 500 chilogrammi ogni centimetro quadrato per la rovere, ed un terzo meno per l'abete.

Lo stesso si suppone nel caso che il solido venga stirato longitudinalmente: la forza con cui la quercia resiste al traimento, si calcola di 950 chilogrammi per ciascun centimetro quadrato.

A questo proposito si trovano delle ricerche nel *Trattato della Costruzione de' ponti*, lib. III, cap. I e II.

Nelle formole contenute in questa nota, l'unità di misura è il metro, e l'unità di peso è il chilogrammo. —

(47) Si possono vedere i particolari dei nomi e delle dimensioni dei ferri lavorati che trovansi attualmente in commercio, nel tomo III della Siderotecnia di Hassenfratz, pag. 231; si troverà pure a pag. 326 una tabella per numeri delle dimensioni dei fili di ferro, e del peso di un metro di lunghezza di questi fili.

(48) Molto vi sarebbe da aggiungere a questo capitolo per completare le cognizioni sul ferro necessarie al costruttore; ma è impossibile entrare qui nelle particolarità richieste dal soggetto. Si troveranno sul lavoro dei ferri delle utilissime pratiche osservazioni nelle opere del Buffon e segnatamente nella Parte Sperimentale, Memoria IV. Quanto al processo della fabbricazione del ferro, alla teoria di questi processi, alle cause cui devonsi attribuire le differenze delle qualità che presenta ed ai modi di riconoscere le differenze, la Siderotecnia di Hassenfratz racchiude su questi diversi oggetti tutti gli sviluppi che si possono desiderare. Indicherò qui solamente i risultamenti ottenuti su la resistenza del ferro, argomento già svolto in tutti i suoi particolari nel *Trattato della Costruzione dei Ponti*, lib. III, cap. III.

Della Ghisa.

La ghisa è materia fragilissima, e che segnatamente nelle dimensioni sotto le quali viene adoperata nelle costruzioni non può flettersi sensibilmente senza rompersi all'istante: bisogna dunque considerare questa sua resistenza alla rottura. Conservando i significati dati alle lettere adoperate nella nota posta al fine del precedente capitolo, si è trovato che supposto un regolo di fusione semplicemente appoggiato sulle due estremità, e caricato nel suo mezzo si aveva

$$P = 14\,\frac{ab^2}{c}.$$

Supposto che il millimetro sia l'unità di misura e che il chilogrammo sia sempre l'unità di peso.

Non si sono istituite esperienze sulla ghisa caricata verticalmente.

Sembra che la ghisa tirata nel senso della sua lunghezza possa portare 7 od 8 chilogrammi per millimetro quadrato.

Bisogna osservare, valendosi della precedente equazione, che il coefficiente 14 è una media dedotta da parecchie sperienze; che la fusione è suscettiva di diversissime resistenze, e che quando è di qualità scadente, il valore del coefficiente deve ridursi a 9.

Del ferro lavorato.

Il ferro lavorato è flessibilissimo quando la lunghezza de' suoi pezzi è grandissima rispetto alla loro grossezza. Si cercò di determinare in questo caso il valore del suo momento d'elasticità (*Vedi il trattato della Costruzione dei Ponti* l. c.); passerò sotto silenzio i risultamenti ottenuti, perchè quando il ferro è adoperato a portare nelle costruzioni, bisogna per ottenere qualche resistenza mettere tra la sua lunghezza e la sua larghezza un rapporto tale che ei perda la sua flessibilità, e che divenga una materia costante, di

cui devési solamente come per la fusione considerare la resistenza alla rottura. Il ferro deve essere considerato sotto quest'ultimo aspetto quando la sua lunghezza è eguale solamente a circa venti volte la sua grossezza.

Non si sono istituite esperienze sulla resistenza alla rottura del ferro lavorato, orizzontalmente caricato.

Parecchie se ne sono istituite sulla sua resistenza quando è verticalmente caricato, ed hanno condotto ad esprimere il peso necessario in questo caso per rompere un regolo, colle formole

$$Q = 438 \frac{a b^2}{c} \text{ pel ferro a base rettangolare,}$$

$$Q = 2572 \frac{r^3}{c} \text{ pel ferro cilindrico, } r \text{ essendo il raggio della base.}$$

Quanto al caso in cui il ferro sia tirato nel senso della sua lunghezza, non poche sperienze fatte su i ferri di natura diversa, gli attribuiscono una resistenza di 35 a 40 chilogrammi per millimetro quadrato. Ma furono istituite sopra ferri non più grossi di 10 a 12 millimetri, e sembra da altre sperienze che i ferri grossi abbiano una forza molto minore. Non si ha ancor nulla di preciso su tale rapporto.

(49) Dopo la pubblicazione della Scienza degli Ingegneri sonosi immaginate parecchie specie di ponti mobili da essere adoperati alle porte di fortezza. Si può a tal proposito vedere il *Trattato di Carpenteria* del signor Krafft e il *Trattato della Costruzione dei Ponti*, lib. III, cap. IV.

(50) Trovare l'equazione della curva chiamata *sinusoide* da Belidor.

Sia l'altezza $BE = AB = a$ (Tav. XIX, fig. 1) e la lunghezza della corda $SFEA = l$. Immaginiamoci, per maggior semplicità, che il peso C del tavolato sia diviso in due parti in ragione inversa delle distanze CA e CB del suo centro di gravità a ciascuna delle sue estremità; la parte portata in A, e che produce la tensione della corda AE sia chiamata m'. Chiamiamo m'' il contrappeso G; supponendo che il peso m' sia giunto in K sieno x' ed y'. le distanze di questo punto alla linee BE e DA, considerate come assi, e chiamiamo egualmente x'' ed y'', le distanze del punto corrispondente G alle linee HF ed HX.

La condizione d'equilibrio tra i pesi m' ed m'', supponendo le prime che il loro centro di gravità comune sia situato sur una stessa linea orizzontale, il che dà l'equazione

$$m' y' + m' y'' = (m' m'') b,$$

b essendo una costante arbitraria. Di più chiamando z' la linea EK, z'' la FS, ed osservando che la lunghezza del filo è costante, si avrà

$$z' + z'' = l.$$

Finalmente il punto m', descrivendo un cerchio intorno al punto A con un raggio $AB = a$, si ha

$$z'^2 = 2a^2 - 2ay'.$$

Eliminando z' ed y' fra queste tre equazioni che rinchiudono le condizioni del problema, si troverà

$$2lz'' - z''^2 = \frac{2am''}{m'}\,y'' + l^2 - 2a^2 + \frac{2ab(m'+m'')}{m'}$$

Ed osservando che la costante b è arbitraria, potrà determinarsi in modo da fare sparire i tre ultimi termini del secondo membro, e facendo

$$l^2 - 2a^2 + \frac{2ab(m'+m'')}{m'} = 0;$$

questa equazione si ridurrà a

$$2lz'' - z''^2 = \frac{2am''}{m'}\,y''$$

che, come è noto, appartiene all' epicicloide, in cui i circoli generatori sono eguali.

(51) Si troveranno nel *Trattato della Costruzione* lib. III e IV, tutti i particolari che si possono desiderare su la disposizione dei ponti in legno, e su i loro processi d' esecuzione.

(52) Sarà forse necessario riunir l'acqua nelle cisterne nei locali ove il terreno sabbioso lascia filtrare l' acqua piovana, ed ove non v' hanno tanto grandi edifizj, perchè l'acqua che cade sui tetti offre una grande risorsa. Il sig. Ferregeau ha proposto di togliere nei dintorni del luogo ove le cisterne dev' essere stabilite, e sopra una estensione sufficiente, i primi strati di sabbia, per formare un banco di terra e di argilla, coperta di pietrame, sul quale si riporterà la sabbia tolta, e i cui pendii saran disposti in modo da condurre nella cisterna le acque piovane, che non potendo penetrare attraverso dell' argilla, cesseranno allora di perdersi.

(53) Ora non si fanno se non ben di rado tetti che abbiano una altezza maggiore d'un terzo della loro lunghezza. Questa altezza non può essere minore del sesto della loro lunghezza.

(54) Si è cambiato di gusto riguardo ai tetti alla Mansarde *(a)*, ed ora non han più tanto garbo quanto ai tempi di Belidor.

(55) Si troverà quanto può essere stato ommesso nei due capitoli precedenti, circa ai dettagli di costruzione nel trattato dell' arte di edificare del sig. Rondelet, e quanto ai materiali ed al modo sotto il quale si trovano in commercio, nei quadri circostanziati dei prezzi di tutti i lavori degli edifiej del sig. Morisot.

(56) Le espressioni di Belidor indurrebbero a credere che l'ordine toscano non fosse stato adoperato dagli Etruschi se non ad imitazione degli ordini inventati dai Greci. Sembra al contrario, stando alle migliori autorità, che gli Etruschi stessi abbiano immaginato quest' ordine nel tempo medesimo in cui i Greci trovavano i loro.

(a) È composto di una vera armatura che è la parte ferma e di una falsa che ha per lo più una leggerissima inclinazione.

(57) Il modo di comporre buoni profili, giusta il sig. Durand (Lezioni di Architettura date alla scuola politecnica) è di dar loro dei movimenti pronunciatissimi, di unire le modanature rette colle curve, e di alternare le sottilissime colle fortissime.

(58) Non si adoperano ora i pilastri se non se alle estremità dei muri, agli angoli degli edificj, e nei luoghi ove i muri di tramezzo terminano ai muri di facciata. Ne deriva che gli spazj tra un pilastro e l'altro son sempre molto più larghi che agli intercolunni. Non si pongono pilastri contro i muri per decorarli.

(59) Tutte queste regole sulla disposizione delle cornici, potevano essere utili agli architetti sul principio del secolo scorso; ma io oggi, in cui si fa consistere la prima bellezza d'una decorazione nelle semplicità delle linee, questi precetti vanno senza applicazione.

(60) Belidor non ispiega ciò ch'egli voglia dire con un frontispizio *convenientemente collocato*. Un frontone non è convenientemente collocato se non è formato dalla monta delle estremità d'un tetto a due pendenze, o quando ripara una porta, od una finestra; in ogni altro caso egli è tale ornamento ridicolo, spiacevole all'occhio ed insignificante.

(61) Non si fanno ora più frontispizj ad arco circolare.

(62) Si è ora cambiato d'avviso al proposito delle colonne binate, l'inconvenienza delle quali è generalmente riconosciuta (*a*).

(63) Ora non si adoperano più colonne incastrate nel muro. Tutte le parti di un edifizio dovendo avere uno scopo, non si trova alcuna leggiadria in un inutile ornamento.

(64) L'esempio di parecchi capitelli romani antichi e di capitelli egiziani, i quali presentano una sì gran varietà, provano a sufficienza che ve ne hanno di gentili tanto quanto il corintio, e che offrendo maggior convenienza e solidità non lasciano desiderare quella grazia di convenzione, che ordinariamente gli si attribuisce.

(65) Queste riflessioni sono di moltissimo valore. Le massime qui esposte da Belidor furono consacrate e sviluppate dal sig. Durand in alcune lezioni, la memoria delle quali tornerà sempre preziosa agli allievi della scuola politecnica, ed in opere la aggiustatezza delle quali non è minore del buon gusto che vi domina.

Le norme contenute nei precedenti capitoli del quinto libro e sulle quali Belidor si è forse troppo diffuso, sono utili; ma l'architetto non deve ad esse concedere che un'im-

(*a*) Ecco come il Milizia si esprime al proposito delle colonne binate: « Non è molto lodevole l'uso di accoppiare le colonne, uso tanto favorito de' moderni, e non del tutto ignoto agli antichi, come mostrano le ruine di Palmira, un arco trionfale di Pola, e qualche altro piccolo esempio, ma non mai adottato nè dai Greci nè dai Romani.

» E che v'è di vago in queste colonne binate, fra loro sì vicine, che i capitelli e le basi si toccano, o quasi si toccano? Sembra anzi, che sieno contro la natura, la quale non va a salti, ma per insensibili gradazioni passa da cosa a cosa: e perciò a noi piace tanto la distribuzione fra colonne, o fra altri oggetti ugualmente distanti. Di più, cagionano difficoltà grandi, e talvolta insormontabili per la regolare distribuzione de' triglifi, de' modiglioni, e del soffitto. E finalmente perchè fare col più, e con maggior dispendio, quello che si può fare col meno?

» In alcuni casi però sono necessarie.

portanza accessoria. Sono a così dire per l'architetto quel che per lo scrittore le regole dalla lingua. Certo non si può essere scrittore senza conoscere la propria lingua, ma conoscendola anche si possono fare cattivissime opere. Non si può essere architetto senza conoscere le regole consacrate dall'uso per la disposizione degli ordini e delle altre parti dell'edifizio; ma chi avesse anche spesa l'intera vita in questi studi, potrebbe far non di meno ridicolissimi edifici.

Il sig. Durand ha per il primo stabiliti i principj architettonici sopra solide basi, e considera sol come tale la *convenienza*, cioè un perfetto rapporto stabilito tra la disposizione di un edificio e l'uso cui è destinato; sicchè progettare un edificio si è risolvere un problema al quale somministrano i dati le condizioni di *solidità*, *economia* e *vantaggio*. Il sig. Durand dimostra per via di considerazioni e di esempi, che non lasciano campo ad alcuna obbiezione, come questo principio anzi che essere contrario alla decorazione, sia anzi l'unico che ne conduca a dar sempre a ciascun edificio il carattere ed il genere di bellezza che gli si addicono. Vedi le lezioni d'architettura date alla scuola politecnica.

FINE DELLE NOTE DEL SIGNOR NAVIER.

